



**ОПТИЧЕСКИЕ
ГОЛОВКИ
ПЕРЕДАЮЩИХ
КАМЕР**

СТВ

ОПТИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

СПРАВОЧНИК

Под общей редакцией
канд. техн. наук
О. Н. Василевского



ЛЕНИНГРАД
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1988

ББК 22.34 я2
О62
УДК 535.8(075)

**Н. И. Валов, О. Н. Василевский, А. Н. Великожон, С. Г. Лейви,
И. Е. Совз, Н. М. Суковицын**

Рецензент Л. И. Крынин

Оптические головки передающих камер цветного телевидения: Справочник/Н. И. Валов, О. Н. Василевский, А. Н. Великожон и др.; под общ. ред. О. Н. Василевского.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.— 109 с., ил.

ISBN 5-217-00014-7

В справочнике даны основные сведения о построении оптических систем и формировании изображения. Приведены оптические схемы, конструкции и технические характеристики оптических головок передающих камер цветного телевидения отечественного и зарубежного производства, используемых телецентрами страны. Рассмотрены особенности эксплуатации, даны рекомендации по устранению характерных неисправностей отдельных узлов оптических головок. Кратко приведены данные по оптическим головкам для камер IV поколения.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников телецентров и предприятий, выпускающих телевизионную аппаратуру.

О $\frac{2406000000-013}{038(01)-88}$ 13-88

**ББК 22.34 я2
6П5.8(083)**

ISBN 5-217-00014-7

© Издательство «Машиностроение», 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вещательное телевидение является сегодня одним из главных средств массовой информации, пропаганды и агитации, что определяет то большое внимание, которое партия и правительство уделяют развитию материально-технической базы телевизионного вещания в стране. Разработка и выпуск современной передающей аппаратуры цветного телевидения (ЦТВ) требуют высокого уровня технического потенциала страны, так как они основываются на использовании самых передовых достижений ряда отраслей науки и техники, технологии и схемотехники, соответствующих мировому уровню развития этих отраслей.

Оптические головки передающих камер представляют собой собранные в единое целое сложнейшие оптико-механические комплексы, состоящие из вариообъектива, призмленного цветоделительного блока, встроенного или подключаемого диапроектора, систем подсветки, смены светофильтров и системы автоматического управления, имеющей свои особенности. Разработка и серийное производство оптико-механических комплексов для передающих камер ЦТВ за минувшие 15 лет оформились в новое направление оптического приборостроения, в котором оптико-механические комплексы, предназначенные для вещательных камер ЦТВ, занимают самое значительное место.

Из года в год возрастают требования к качеству воспроизводимого изображения, обеспечению высокой точности цветопередачи и геометрии изображения. Одновременно с ужесточением требований к качественным характеристикам ТВ-изображения растут требования к снижению материалоемкости, габаритных размеров и массы ТВ-камер, уменьшению моментов вращения подвижных элементов и уровня шумов, соблюдению унификации и правил эргономики, современному эстетическому оформлению конструкторских решений. Такие противоречивые по своему характеру требования заставляют ученых и инженеров различных областей науки и техники искать новые материалы, создавать ранее неизвестные оригинальные схемы и конструкции.

Поскольку к оптическим системам ТВ-камер, несмотря на многочисленность их видов, предъявляется ряд общих требований, пути обеспечения этих требований оказались одинаковыми для оптических систем ТВ-аппаратуры как вещательного, так и прикладного телевидения. В оптико-механической промышленности эти требования значительно стимулировали решение таких проблем, как создание новых марок оптического стекла особо высокой прозрачности, более эффективных многослойных просветляющих покрытий оптических поверхностей, совершенствование методики расчета сложных многолинзовых объективов с переменным фокусным расстоянием в широком диапазоне его изменений, технологии изготовления и контроля оптико-механических изде-

лий. Существенное движение вперед получили при этом развитие исследовательской базы, работы по созданию новых электроприводов и конструкций для дистанционного управления подвижными элементами оптических головок.

Рассмотренные в настоящем справочнике оптические головки вещательных камер ЦТВ КТ-132 соответствуют требованиям ТВ-аппаратуры III поколения, разработка которой закончена и которая будет еще выпускаться производством ориентировочно до 1990 г. Находящиеся в стадии освоения серийного производства оптические головки камер КТ-178 и КТ-190 разработаны уже в соответствии с несколько повышенными требованиями к ТВ-аппаратуре IV поколения, но еще не имеют новых принципиальных решений, которые должны найти свое воплощение в конструкциях аппаратуры V поколения. Качественная эволюция оптических систем ТВ-камер III и IV поколений заключается в реализации новых разработок в части уменьшения габаритных размеров призмленного цветоделительного блока, повышения светосилы вариообъективов, увеличения коэффициентов спектрального пропускания и передачи модуляции на заданных частотах, введения эксплуатационно необходимых устройств макросъемки и экстендеров.

Кроме отечественных студийных и внестудийных камер ЦТВ, находящихся в эксплуатации на 120 телецентрах страны, на некоторых телецентрах распространение получили французские передающие камеры TTV-1515, в одном из выпусков отечественных камер КТ-132 нашли применение оптические головки фирмы «Шнайдер» (*Schneider*), доработанные фирмой специально под отечественный оптико-механический комплекс ПП-82. Описание комплексов этих камер и репортажной камеры КТ-302Р приведено в справочнике. Ввиду постоянной работы по модернизации оптико-механических комплексов в камерах последних выпусков возможны отступления от конструктивных решений, описанных в справочнике.

Основой создания рассматриваемых оптических систем послужили расчеты, выполненные ведущими советскими оптиками: М. М. Русиновым, Д. Ю. Гальперном, Д. С. Волосовым, М. Г. Шпякиным и Р. М. Карлсбруном. При написании справочника использованы опыт и данные ЛОМО и ВНИИ телевидения — разработчика камер. Ряд необходимых для справочника материалов предоставлен И. А. Сергеевой. Гл. 1 написана И. Е. Совз и О. Н. Василевским, гл. 2 и 3 — Н. И. Валовым, О. Н. Василевским и С. Г. Лейви, гл. 4 — А. Н. Великожином, гл. 5 — Н. М. Суковицыным, гл. 6 — О. Н. Василевским, Н. М. Суковицыным и С. Г. Лейви.

Авторы будут благодарны всем, кто пришлет свои замечания, советы и пожелания по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, ЛОУ издательства «Машиностроение».

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОСТРОЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ФОРМИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

1.1. Основные законы геометрической оптики. определения, обозначения

Конструирование оптических систем оптико-механических и оптико-электронных приборов, в том числе и оптических комплексов для аппаратуры ЦТВ, основывается на использовании положений геометрической оптики в виде, удобном для применения современных методов вычислений.

Основными понятиями в геометрической оптике являются светящиеся точки и световые лучи. Под *светящейся точкой* понимают источник излучения световой энергии, размеры которого по сравнению с расстоянием, на которое он действует, настолько малы, что ими можно пренебречь, т. е. принять это светящееся тело за точку. *Световые лучи* — линии, направленные вдоль пути распространения световой энергии. Свет распространяется от светящейся точки во все стороны в виде прямолинейных лучей. Пучки лучей, исходящие из одной светящейся точки или сходящиеся в одну точку, называют *расходящимися* или *сходящимися* *гомоцентрическими пучками*. Пучком таких гомоцентрических лучей могут быть, например, нормали к сферической поверхности световой волны, сходящиеся в одной точке, а именно в центре сферы.

Основные законы геометрической оптики. Световые лучи подчиняются следующим законам геометрической оптики: а) прямолинейного распространения в однородных средах; б) обратимости хода световых лучей; в) отсутствия интерференции пересекающихся лучей света, выходящих из разных центров излучения; г) отражения, согласно которому падающий и отраженный лучи образуют равные углы с нормалью к поверхности раздела двух сред и все три линии лежат в одной плоскости; д) преломления, по которому отношение синусов углов падения и преломления постоянно для различных углов падения, а две составляющие луча (падающая и преломленная) и нормаль к поверхности раздела двух сред лежат в одной плоскости.

Законы геометрической оптики дают возможность найти координаты лучей при переходе пучков света от одной оптической поверхности к другой, определяя ход лучей через любую сложную оптическую систему, и выполнить расчет и анализ работы элементов оптических систем в прямом и обратном ходе лучей.

Правила, принятые в геометрической оптике: Обычно в оптический прибор поступают гомоцентрические пучки лучей. Реальные оптические системы деформируют проходящие через них сферические световые волны и не дают вследствие аберраций строгой гомоцентрич-

ности выходящих пучков, образующих изображение предмета.

Оптический прибор создает проективную связь между двумя пространствами: пространством предметов, в котором находятся объекты, т. е. излучающие свет точки, линии и поверхности, как самосветящиеся, так и освещаемые каким-либо источником света, и пространством изображений, в котором возникают оптические изображения этих предметов. Соответствующие друг другу и находящиеся в разных пространствах лучи и любые геометрические образы называют *сопряженными*. Соответственные (одноименные) и сопряженные точки, отрезки и углы в пространстве предметов и в пространстве изображений указывают на схемах одинаковыми буквами, но обозначения, относящиеся к пространству изображений, отличаются знаком «штрих» сверху каждой буквы.

Если изображение образовано пересечением самих лучей, то оно называется *действительным* (рис. 1.1, а), а если их геометрическими продолжениями, — *мнимым* (рис. 1.1, б).

Оптическая схема прибора образуется совокупностью линз, призм, зеркал, светофильтров и других оптических деталей, взаимное расположение которых устанавливается при габаритном и аберрационном расчетах. Каждая оптическая деталь ограничивается поверхностями, на которых лучи света испытывают преломление или отражение. Оптические поверхности этих деталей выполняются плоскими, сферическими, цилиндрическими, коническими, торическими или асферическими в зависимости от назначения детали.

Если система состоит из отражающих и преломляющих поверхностей, являющихся поверхностями вращения и имеющих общую ось вращения, то ее называют *центрированной оптической системой*, а общую ось вращения — *оптической осью системы*. Такая система обладает некоторыми идеальными свойствами: в ней отсутствуют аберрации в области, близкой к оси симметрии. Протяженность этой области, называемой гауссовой или параксиальной, определяют малостью углов лучей с осью, что позволяет считать углы лучей с осью равными их синусам, а их косинусы — равными единице. Внутри параксиальной области точечные объекты четко изображаются в виде точек, а фигуры в плоскостях, перпендикулярных к оси, — в виде геометрически подобных фигур, расположенных также в плоскостях, перпендикулярных к оси. Принятые допущения позволяют производить расчет основных характеристик идеальных систем.

Определения и обозначения. При рассмотрении оптических схем (рис. 1.1, в) принято считать, что свет исходит из левой стороны рисунка, а координатная ось совпадает с опти-

ческой осью, так что отрезки, измеряемые слева направо, считаются положительными, а измеряемые справа налево — отрицательными, это соответствует обычному правилу знаков координатной геометрии. Некоторые принятые в геометрической оптике правила знаков, которые необходимо учитывать при расчете оптических элементов и анализе их взаимосвязей.

1. При преломлении или отражении лучей на сферической поверхности за начало отсчета принимается вершина поверхности; отрезки считаются положительными, если они откладываются вдоль оси вправо от вершины поверхности по направлению распространения света, и отрицательными, если они откладываются влево от вершины.

2. Радиус кривизны поверхности считается положительным, если центр кривизны ее находится справа от поверхности, и отрицательным, — если слева от поверхности; отсчет производится от поверхности к центру.

3. Фокусные расстояния считаются положительными, когда их направления совпадают с направлением распространения света; начало фокусных отрезков лежит на главных плоскостях.

4. Размеры толщин и воздушных промежутков между преломляющими поверхностями при распространении света слева направо всегда считаются положительными.

5. Отрезки, перпендикулярные к оптической оси, считаются положительными, если они расположены над осью, и отрицательными, если под ней.

6. Угол луча с осью считается положительным, если луч, пересекая ось, проходит сверху вниз, и отрицательным, если он проходит снизу вверх.

Основные определения геометрической оптики и принятые обозначения некоторых величин даны далее в соответствии с ГОСТ 7427—76* и работами [6, 22, 25] — см. рис. 1.1, в.

1. Осевая точка предмета A (изображения A') — точка пересечения плоскости предмета (изображения) с оптической осью.

2. Передний фокус F — точка на оптической оси в пространстве предметов, сопряженная с бесконечно удаленной точкой, расположенной на оптической оси в пространстве изображений.

3. Задний фокус F' — точка на оптической оси в пространстве изображений, сопряженная с бесконечно удаленной точкой, расположенной на оптической оси в пространстве предметов.

4. Передняя (задняя) фокальная плоскость — плоскость, перпендикулярная к оптической оси и проходящая через передний (задний) фокус.

5. Линейное увеличение V — увеличение в сопряженных плоскостях, перпендикулярных к оптической оси, определяемое отношением размера параксимального изображения к размеру предмета.

6. Угловое увеличение W — увеличение в сопряженных точках на оптической оси, определяемое отношением углов, образованных параксимальными лучами с оптической осью в про-

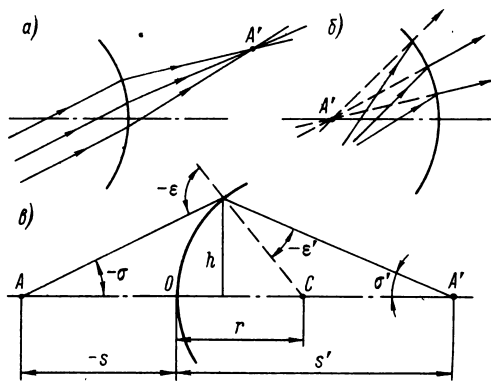


Рис. 1.1. Схема образования: действительного (а), мнимого (б) изображений и правила знаков при рассмотрении оптических схем (в)

странстве изображений и в пространстве предметов.

7. Продольное увеличение Q в сопряженных точках на оптической оси — отношение размера параксимального изображения бесконечно малого отрезка, расположенного вдоль оптической оси, к размеру этого отрезка.

8. Передняя и задняя главные плоскости (кроме телескопических систем) — плоскости в пространстве предметов и изображений (перпендикулярные к оптическим осям и сопряженные друг с другом), для которых линейное увеличение равно 1.

9. Передняя H (задняя H') главная точка — точка пересечения передней (задней) главной плоскости с оптической осью.

10. Передняя N (задняя N') узловая точка — точка на оптической оси в пространстве предметов (изображений), для которой угловое увеличение равно 1.

11. Переднее фокусное расстояние f — расстояние от передней главной точки H до переднего фокуса F .

12. Заднее фокусное расстояние f' — расстояние от задней главной точки H' до заднего фокуса F' .

13. Вершина преломляющей (отражающей) поверхности O — точка пересечения преломляющей (отражающей) поверхности с оптической осью.

14. Передний фокальный отрезок S_F — расстояние от вершины передней поверхности O до переднего фокуса F .

15. Задний фокальный отрезок $S_{F'}$ — расстояние от вершины задней поверхности O до заднего фокуса F' .

16. Радиус сферической поверхности r — расстояние от вершины преломляющей или отражающей поверхности до центра кривизны сферической поверхности.

17. Передний отрезок s — расстояние от вершины O первой преломляющей или отражающей поверхности до пересечения с оптической осью луча, входящего в оптическую систему.

18. Задний отрезок s' — расстояние от вершины O последней преломляющей или отража-

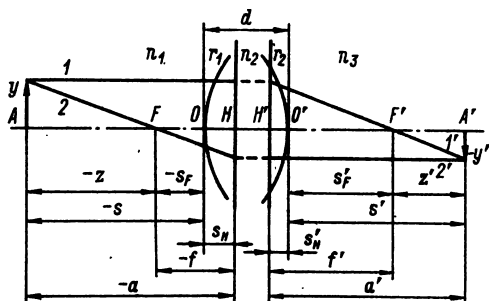


Рис. 1.2. Оптические параметры и кардинальные элементы оптической системы

щей поверхности до точки пересечения с оптической осью луча, выходящего из оптической системы.

19. Угол падения ϵ — угол между лучом, падающим на преломляющую или отражающую поверхность, и нормалью к поверхности в точке падения.

20. Угол преломления (отражения) ϵ' — угол между преломленным (отраженным) лучом и нормалью к поверхности в точке преломления (отражения). Углы падения (отражения) отсчитывают от нормали по часовой стрелке.

21. Апертурная диафрагма — диафрагма, ограничивающая пучок лучей, выходящих из осевой точки предмета.

22. Апертурный угол в пространстве предметов σ_A — угол между оптической осью и лучом, выходящим из осевой точки предмета и идущим на край апертурной диафрагмы.

23. Апертурный угол в пространстве изображений σ_d — угол между оптической осью и лучом, проходящим через осевую точку изображения и край апертурной диафрагмы.

24. Входной зрачок — параксиальное изображение апертурной диафрагмы в пространстве изображений или апертурная диафрагма, которая расположена в пространстве изображений.

25. Выходной зрачок — параксиальное изображение апертурной диафрагмы в пространстве изображений или апертурная диафрагма, расположенная в пространстве изображений.

26. Осевая точка входного P (выходного P') зрачка — точка пересечения плоскости входного (выходного) зрачка с оптической осью. Диаметр входного зрачка обозначается D , выходного — D' .

27. Относительное (геометрическое) отверстие D/f' равно отношению диаметра входного зрачка D системы к заднему фокусному расстоянию f' . Квадрат относительного отверстия определяет освещенность в плоскости изображения. Величину, обратную относительному отверстию, называют диафрагменным числом K . Эффективное относительное отверстие равно геометрическому относительному отверстию, умноженному на коэффициент пропускания τ объекта.

28. Полевая диафрагма — диафрагма, расположенная в плоскости предмета или в одной из плоскостей, с ней сопряженных, и ограничи-

вающая размер линейного поля оптической системы в пространстве изображений.

29. Линейное поле оптической системы в пространстве предметов $2y$ — наибольший размер изображаемой части плоскости предмета, расположенной на конечном расстоянии; $2y'$ — линейное поле оптической системы в пространстве изображений.

30. Угловое поле оптической системы в пространстве изображений равно углу $2\omega'$ между двумя лучами, проведенными из центра выходного зрачка к точкам оптического изображения, лежащим по разные стороны от оптической оси и наиболее удаленным от нее. Угловому полю в пространстве изображений соответствует угловое поле в пространстве предметов, оцениваемое углом 2ω (углом поля зрения) между двумя лучами, проведенными из центра входного зрачка к наиболее удаленным от оптической оси точкам предмета в изображаемой плоскости.

Пример обозначения оптических параметров и кардинальных элементов простой линзы представлен на рис. 1.2.

При проведении расчетов с помощью формул параксиальной оптики используют следующие обозначения: d — расстояние от вершины поверхности до вершины следующей по ходу луча поверхности; z — расстояние от переднего фокуса до осевой точки предмета; z' — расстояние от заднего фокуса до осевой точки изображения; s_H — расстояние от вершины передней поверхности до передней главной точки; s'_H — расстояние от вершины задней поверхности до задней главной точки; a — расстояние от передней главной точки до осевой точки предмета; a_1 — расстояние от задней главной точки до осевой точки изображения; n — показатель преломления среды, в которой распространяется свет.

Приведенные в сжатой форме основные положения и принятые обозначения в геометрической оптике составляют тот минимум знаний, который необходим для правильного понимания работы описываемых далее оптических элементов оптико-механических комплексов для камер ЦТВ. Для получения более полных сведений по проектированию, и в частности абберационному расчету оптических систем, следует воспользоваться специальной литературой [5, 6, 18, 22, 25].

1.2. Плоские зеркала, плоскопараллельные пластинки, призмы

Плоское зеркало. Простейшей оптической системой, создающей идеальное изображение при линейном увеличении $V=1^*$, является плоское зеркало. Зеркала и их комбинации широко применяют в оптических системах для поворота или смещения оптической оси и разделения пучка лучей. Для отклонения луча на какой-либо угол отражающая поверхность должна быть наклонена к оси на угол, вдвое меньший.

Плоское зеркало оборачивает изображение только в одном направлении.

Плоскопараллельная пластинка. Защитные стекла, сетки, светофильтры и другие оптические детали, ограниченные параллельными плоскостями, для проходящих лучей являются плоскопараллельными пластинками. Если плоскопараллельная пластинка находится в однородной среде, то входящий и выходящий лучи параллельны, т. е. $\epsilon_1 = \epsilon_2$ (рис. 1.3). Для пластинки, находящейся в воздухе, $n_1 = n_3 = 1$.

Продольное смещение преломленного луча

$$L = d(1 - \operatorname{tg} \epsilon'_1 / \operatorname{tg} \epsilon_1);$$

поперечное смещение преломленного луча

$$l = d \sin(\epsilon_1 - \epsilon'_1) / \cos \epsilon'_1.$$

Введение плоскопараллельной пластинки в параллельный пучок лучей вносит одинаковое для всех лучей продольное и поперечное смещение. Так как смещение луча зависит от угла падения на входную грань пластинки, то сходящийся или расходящийся гомоцентрический пучок после прохождения через плоскопараллельную пластинку теряет свою гомоцентричность, ухудшая тем самым качество изображения.

Для упрощения габаритных расчетов используется прием приведения оптической среды пластинки к воздуху, называемый *редуцированием*. Толщина редуцированной пластинки равна $d_0 = d/n$, где n — показатель преломления материала пластинки. При переходе от редуцированных пластинок к реальным следует учитывать продольное смещение луча L — удлинение, вносимое плоскопараллельной пластинкой.

При $n_1 < n_2$ угол $\epsilon'_1 < \epsilon_1$, при $n_2 > n_3$ угол $\epsilon'_1 > \epsilon_2$. При увеличении абсолютного значения угла падения ϵ_2 возрастает и угол преломления ϵ'_2 , составляя 90° при некотором значении ϵ_2 , т. е. луч после падения на поверхность будет скользить по ней. При $\epsilon'_2 = 90^\circ$ по закону преломления $\sin \epsilon_0 = n_3/n_2$. Последующее увеличение угла падения приведет к отражению луча. Это явление называют *полным внутренним отражением*, а угол ϵ_0 — *предельным углом полного внутреннего отражения*. Явление полного внутреннего отражения использовано в конструкции ряда отражательных призм, служащих наряду с плоскими зеркалами для изменения направления оси оптической системы или для оборачивания изображения в заданном направлении, в частности в конструкциях прямоугольной призмы, призмы-ромба и др.

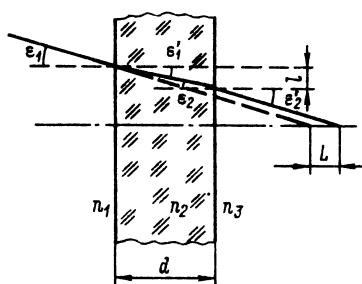


Рис. 1.3. Ход луча через плоскопараллельную пластинку

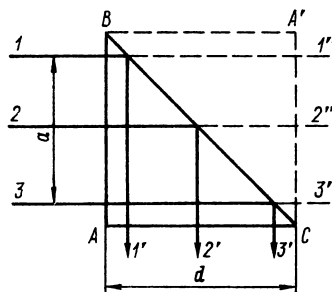


Рис. 1.4. Развертка призмы канала подсветки блока ПП-82

Призмы. Преимуществами отражательных призм перед зеркалами являются: 1) углы между гранями призмы неизменны, в то время как углы между зеркалами должны регулироваться при сборке и не нарушаться в процессе эксплуатации; 2) при полном внутреннем отражении от граней призмы отсутствуют потери света, в то время как при отражении от поверхностей зеркал потери света довольно значительны.

Отражательные призмы эквивалентны плоскопараллельной пластинке толщиной, равной длине хода луча в призме. Развертка призмы в плоскопараллельную пластинку производится нахождением ее изображения относительно каждой отражающей грани последовательно по ходу луча. Пример развертки призмы канала подсветки блока ПП-82 приведен на рис. 1.4. Отражательные призмы могут быть с одной или с несколькими отражающими поверхностями, с крышей, одинарные и составные. Аберрации, вносимые призмой, установленной в сходящемся пучке лучей, равны аберрациям плоскопараллельной пластинки соответствующей толщины.

Особую группу призм составляют спектральные и светоразделительные призмы. В случае применения специальных конструктивно сложных светоразделительных призм в целях выделения узких спектральных интервалов, определяющих получаемый цветовой сигнал ТВ-камер, спектроделители часто называют *цветоделителями*.

Спектральные призмы применяют в основном в виде диспергирующих элементов в спектральных приборах. Светоразделительные призмы и зеркала используют для расщепления падающего светового потока по направлению и интенсивности. К этой группе относятся призмы, используемые в призмённых блоках цветоделиения для ТВ-аппаратуры. Характерным для них является применение интерференционных покрытий, разделяющих световой поток по спектру на три части. Более подробно о цветоделительных призмённых блоках см. в п. 1.7 и гл. 2.

1.3. Сферические поверхности. Линзы и системы линз

В конструкциях систем, создающих изображение, наиболее распространенными являются оптические детали с преломляющими сфе-

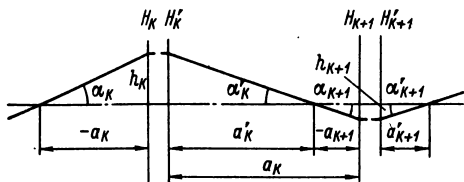


Рис. 1.5. Оптическая схема сложной многокомпонентной системы

рическими поверхностями. К ним прежде всего относятся линзы. Наиболее часто встречаются линзы, ограниченные двумя сферическими поверхностями. Если одна из поверхностей является плоскостью, то она должна быть перпендикулярна к оптической оси.

Отдельная линза. Действие отдельной линзы зависит от ее параметров (см. рис. 1.2): 1) радиусов поверхностей r_1 и r_2 ; 2) толщины по оптической оси d ; 3) показателя преломления материала линзы n_2 (n_1 и n_3 — показатели преломления сред перед и после линзы). Параметры линзы определяют ее оптическую силу Φ .

Для простой линзы, расположенной в воздухе, справедливы следующие соотношения ($n_1 = n_3 = 1$; $n_2 = n$):

$$\Phi = 1/f' = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{d}{n(n-1)^2 r_1 r_2};$$

$$f' = -f; s_F = -f' [1 + d(n-1)/nr_2];$$

$$s'_F = f' [1 - d(n-1)/nr_1];$$

$$s_H = -f' d(n-1)/nr_2; s'_H = -f' d(n-1)/nr_1,$$

где s_F и s'_F — соответственно переднее и заднее вершинные фокусные расстояния; s_H и s'_H — соответственно положения главных плоскостей линзы относительно ее вершин.

Знак заднего фокусного расстояния f' характеризует оптическую силу линзы — либо положительную (собирающей линзы), либо отрицательную (рассеивающей линзы).

Если толщина линзы мала по сравнению с ее фокусным расстоянием, то для габаритных расчетов системы реальную линзу можно заменить для простоты на условную «тонкую» линзу, определяемую ее главными плоскостями. Для получения зависимостей, по которым вычисляется положение изображения, рассмотрим рис. 1.2. Так как известно, что передний и задний фокусы линзы являются изображениями бесконечно удаленных точек, то, проводя два вспомогательных луча 1 и 2, определим их ход после преломления линзой и найдем положение изображения y' предмета y . Из двух пар подобных треугольников следует: $-y'/y = -f/z = z'/f'$. Отсюда получим $zz' = ff'$. Если система находится в однородной среде, то $f = -f'$ и $zz' = -f'^2$. Последнее выражение называется формулой Ньютона.

Положение предмета и изображения относительно главных плоскостей линз связано выражением $1/a' - 1/a = 1/f'$, называемым формулой отрезков. Линейное увеличение линзы

$$V = y'/y = -f'/z = -z'/f'$$

Сложная оптическая система (рис. 1.5) состоит из нескольких компонентов, разделен-

ных воздушными промежутками. Под компонентом понимают как отдельную линзу, так и несколько склеенных линз, которые на рисунке представлены эквивалентными главными плоскостями.

Наиболее простой и удобный способ определения габаритных размеров системы, расположенной в воздухе, заключается в последовательном применении следующих формул:

$$\alpha_{k+1} = \alpha_k + h_k \varphi_k; h_{k+1} = h_k - \alpha_{k+1} d_k,$$

где $\varphi_k = 1/f'_k$ — оптическая сила компонента; k — порядковый номер оптической поверхности.

Оптическая сила системы из m компонентов

$$\Phi = \frac{1}{h_1} \sum_{k=1}^m h_k \varphi_k.$$

1.4. Виды оптических систем

Оптические приборы обычно состоят из нескольких систем, предназначенных для выполнения определенных функций и обладающих своими специфическими свойствами. Ниже приведены описания элементов, наиболее часто используемых в аппаратуре ЦТВ.

Объективы. Оптические системы практически любых приборов содержат объектив, характеристики которого зависят от назначения и условий работы всего прибора. Объектив — это оптическая система, образующая изображение плоских или протяженных предметов на плоской (иногда искривленной) поверхности приемника — фотографическом слое, фотокатоде ТВ-трубки и т. д. Основными оптическими характеристиками фотографического и телевизионного объективов являются: фокусное расстояние; относительное отверстие; поле зрения; светораспределение по полю изображения; разрешающая способность; частотно-контрастная характеристика; спектральное пропускание.

Фокусное расстояние объектива обуславливает масштаб изображения. При съемке удаленных предметов наибольший размер изображения пропорционален фокусному расстоянию системы $y' = f' \operatorname{tg} \omega$.

Относительное отверстие объектива D/f' определяет освещенность сформированного им изображения, которая для предмета, расположенного на большом расстоянии, равна

$$E_0 = 0,25 \pi B \tau (D/f')^2,$$

где E_0 — освещенность центра изображения, лк; B — яркость предмета, кд/м²; τ — коэффициент пропускания оптической системы.

Для изменения освещенности изображения объектив снабжается апертурной диафрагмой. При изменении диаметра этой диафрагмы изменяется и относительное отверстие объектива. В соответствии с международными нормами установлен ГОСТ 17175—82 на построение шкалы диафрагм в зависимости от диафрагменного числа $K = 1 : (D/f')$. Основной ряд номинальных значений диафрагменных чисел строится по закону

$$K = 0,5 \sqrt{2}^{N-1},$$

где N — порядковый номер. В соответствии с ГОСТом принят основной ряд шкалы диафрагм: 0,5; 0,7; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 22; 32; 45; 64; 90; 128.

В широкоугольных объективах освещенность на краю поля изображения заметно меньше, чем в центре, так как изменение освещенности в зависимости от угла поля определяется зависимостью

$$E_{\omega} = k_{\pi} \cos^4 \omega' E_0,$$

где k_{π} — коэффициент виньетирования, ω' — угол главного луча с оптической осью в пространстве изображений.

По углу поля зрения объективы разделяют на группы: а) узкоугольные — с углом поля зрения $2\omega < 40^\circ$; б) нормальные — с углом поля зрения $2\omega = 40 \div 70^\circ$; в) широкоугольные — с углом поля зрения $2\omega = 70 \div 100^\circ$; г) сверхширокоугольные — с углом поля зрения $2\omega > 100^\circ$.

Полезная площадь изображения определяется окружностью диаметром

$$2y' = 2f' \operatorname{tg} \omega.$$

Обычно полевая диафрагма (кадровая рамка) имеет прямоугольную форму со сторонами a и b , причем

$$a^2 + b^2 = (2y')^2.$$

Основные оптические характеристики объектива находятся в некотором противоречии друг с другом: стремление к повышению светосилы системы приводит к необходимости уменьшения ее поля зрения; увеличение фокусного расстояния вызывает необходимость ограничения других оптических характеристик, если при этом соблюдается требование сохранения высокого качества изображения объектива. Связь между этими характеристиками определена проф. Д. С. Волосовым как коэффициент добротности оптической схемы объектива

$$C_m = \frac{1}{K} \operatorname{tg} \omega \sqrt{0,01 f'}$$

Величина C_m зависит от разрешающей способности системы объектив — приемник, распределения освещенности по полю, степени сложности оптической схемы (число линз) и ряда других условий.

Для современных объективов $C_m = 0,22 \div 0,24$. Если $C_m < 0,24$, то разработка объектива не представляет особых трудностей, если не предъявляются дополнительные требования по ограничению его габаритных размеров или заднего отрезка. С развитием и совершенствованием техники и технологии изготовления объективов величина C_m будет возрастать. Применение новых оптических стекол и кристаллов, преломляющих асферические поверхности, позволяет получать более высокие оптические характеристики без снижения качества изображения [5].

Объективы с переменным фокусным расстоянием, используемые ЦТВ, должны одновременно обладать свойствами широкоугольного объектива при минимальном фокусном расстоянии и длиннофокусного объектива при максимальном фокусном расстоянии. В связи с этим

при расчете вариообъективов возникают особые трудности получения высокого качества изображения во всем диапазоне фокусных расстояний при выполнении дополнительных требований по ограничению габаритных размеров системы.

Аналогично коэффициенту добротности C_m для объективов с постоянным и фокусным расстоянием, критерием выбора оптической схемы вариообъектива, т. е. возможности получения большей или меньшей длины системы при заданных оптических характеристиках, может служить коэффициент C , предложенный М. Г. Шлякиным, много занимавшимся теорией разработки объективов с переменными характеристиками [5, 29],

$$C = \frac{f'_{\max}/K}{L_c - 1,2 f'_{\max}/\sqrt{m}},$$

где L_c — длина системы; m — интервал изменения фокусного расстояния, равный $f'_{\max}/f'_{\min}$.

Приведенная зависимость позволяет сравнивать оптические схемы различных объективов и разрабатываемых вариантов объектива в процессе расчета, предварительно оценивать возможную длину и качество изображения системы исходя из заданных оптических характеристик и коэффициента C аналогичных объективов.

Телескопические системы. Существует большая группа оптических приборов, предназначенных для визуального наблюдения далеких расположенных предметов. Так как рассматриваемый предмет весьма удален, расстояние до него принимается равным бесконечности, а лучи в пучках, идущих от каждой точки предмета, параллельны друг другу. Оптические системы, удовлетворяющие условию параллельности лучей входящих и выходящих пучков, называются *телескопическими*.

Простейшая телескопическая система состоит из двух компонентов (объектива и окуляра), причем задний фокус объектива должен быть совмещен с передним фокусом окуляра для выполнения условия параллельности лучей в пучке (рис. 1.6, а и б). Оптическая сила такой системы равна нулю. Главные плоскости системы находятся в бесконечности.

Для характеристики телескопической системы используется понятие видимого увеличения, которое определяется как отношение тангенсов углов, под которыми наблюдатель видит предмет невооруженным глазом и через оптический прибор. Видимое увеличение телескопической системы численно равно ее угловому увеличению

$$\Gamma_r = \operatorname{tg} \omega' / \operatorname{tg} \omega,$$

где ω и ω' — углы наклона главного луча пучка соответственно при входе и выходе из системы.

Если $f'_{\omega\omega}$ и $f'_{\omega\omega'}$ — фокусные расстояния компонентов телескопической системы (объектива и окуляра), то

$$\Gamma_r = -f'_{\omega\omega} / f'_{\omega\omega'} = -D / D',$$

где D и D' — соответственно диаметры входного и выходного зрачков системы.

В варианте телескопической системы, приведенном на рис. 1.6, а, оба компонента поло-

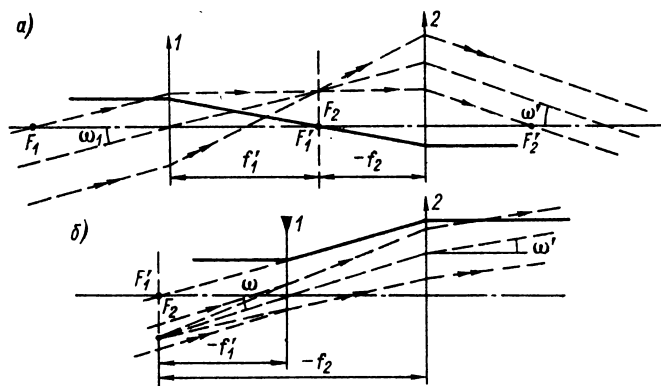


Рис. 1.6. Оптическая схема телескопической системы

жительны. В этом случае видимое увеличение системы отрицательно, следовательно, угол наклона главного луча пучка на выходе из системы имеет знак, обратный углу наклона входящего луча, т. е. в системе происходит оборачивание изображения. В варианте, приведенном на рис. 1.6, б, один из компонентов (в данном случае объектив) отрицателен, видимое увеличение системы положительно, углы наклона главного луча на входе и выходе имеют одинаковые знаки, т. е. система дает прямое изображение.

Телескопические системы, использовавшиеся ранее для ТВ-камер в качестве видискателей, в последнее время вытесняются электронными видискателями с электронно-лучевыми трубками малого диаметра. В приборах, не предназначенных для визуального наблюдения, телескопические (афокальные) системы нашли применение в качестве насадок, устанавливаемых перед основным объективом. В этом случае эквивалентное фокусное расстояние всей системы

$$f'_{\text{экв}} = f'_{\text{об}} \Gamma_T.$$

Коллективы. Линза, устанавливаемая в плоскости промежуточного изображения оптической системы (или вблизи нее), называется *коллективом*. Коллектив служит для изменения угла наклона пучка в пространстве между компонентами сложных систем для уменьшения поперечных размеров следующих за ним компонентов и для совмещения изображения выходного зрачка предыдущего компонента с входным зрачком последующего. Действие коллектива представлено на рис. 1.7, где показан ход лучей в системе без коллектива и с ним.

Фокусное расстояние коллектива определяют из условия сопряжения входных и выходных зрачков компонентов с требуемым увеличением. При высоких относительных отверстиях коллектива его выполняют в виде сложной системы,

состоящей из двух и более линз, принимая меры к уменьшению aberrаций, вносимых коллективом.

Разновидностью коллектива является линза, устанавливаемая вблизи плоскости изображения объектива, получившая название линзы Смита. Такие линзы служат для изменения масштаба изображения и исправления кривизны поля изображения, даваемого объективом.

Оборачивающие системы. Для осуществления изображения (правильной его ориентации или изменения размера промежуточного изображения) в оптических приборах применяют оборачивающие системы. Они

могут быть призмёнными (в биноклях, дальномерах) и линзовыми. Для характеристики оборачивающих систем существует понятие линейного увеличения, равное отношению размера изображения к размеру предмета.

$$V = y'/y.$$

Предметом для линзовых оборачивающих систем является изображение, даваемое объективом.

В качестве оборачивающих часто применяют системы из двух компонентов с параллельным ходом лучей в пространстве между ними. При этом предмет должен быть расположен в переднем фокусе первого компонента, а изображение получается в заднем фокусе второго компонента. Линейное увеличение такой системы определяется отношением фокусных расстояний компонентов

$$V = -f_2'/f_1.$$

Примером своеобразной оборачивающей системы являются насадки-экстендеры, применяемые в объективах ЦТВ. Предметом для такого экстендера является изображение, даваемое объективом, а изображение, создаваемое экстендером, является «конечным» — оно расположено на фотокатоде передающей трубки. Обычно линейное увеличение экстендеров

$$V = 0,7 \div 2.$$

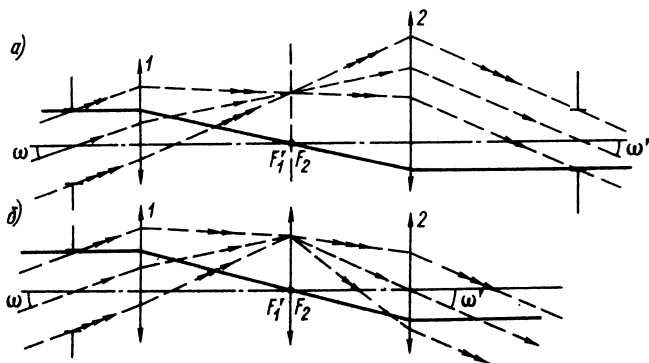


Рис. 1.7. Схема действия коллектива

Осветительные системы. Особое место среди оптических приборов занимают осветительные системы, назначением которых является освещение какого-либо предмета конечного размера направленными пучками лучей. Осветительная система должна наиболее полным образом использовать световой поток, попадающий в систему, и создавать равномерную освещенность предмета.

При освещении предметов конечных размеров могут представиться следующие варианты: 1) освещаемый предмет находится в бесконечности; источник света должен находиться в переднем фокусе системы, которая в этом случае называется *прожектором*; 2) оптическая система, называемая *конденсором*, проецирует изображение источника света непосредственно на освещаемый предмет; 3) конденсор проецирует изображение источника света во входной зрачок последующей оптической системы; освещаемый предмет при этом располагается вблизи конденсора.

Выбор рационального варианта освещения определяется в зависимости от распределения яркости на излучающей поверхности источника света. Если его яркость равномерна, то применяют второй вариант, при неравномерной яркости излучателя — третий вариант. Осветительные системы могут быть выполнены зеркальными, зеркально-линзовыми или линзовыми.

Оптическими характеристиками конденсора являются: угол охвата $2\sigma_A$ — двойной апертурный угол в пространстве предметов, определяющий использование светового потока источника света (спецификой осветительных систем являются большие углы охвата); угол сходимости $2\sigma'_A$ — двойной апертурный угол в пространстве изображений; f' — фокусное расстояние; V — линейное увеличение. Сложность конструкции конденсора, число его линз определяются суммой углов охвата и сходимости. Если

$$\begin{aligned} (2\sigma_A + 2\sigma'_A) < 45^\circ, N = 1; & 45^\circ < (2\sigma_A + 2\sigma'_A) < 60^\circ, N = 2; \\ 60^\circ < (2\sigma_A + 2\sigma'_A) < 100^\circ, & N = 3; (2\sigma_A + 2\sigma'_A) > 100^\circ, N > 3, \end{aligned}$$

где N — число линз в конденсоре.

Параметры линз в конденсорах определяют из условия минимума сферической аберрации. В ряде приборов (в частности, в микроскопах) при большом угле сходимости требуется ахроматизация конденсора. Уменьшение числа линз при больших углах охвата может быть достигнуто за счет применения линз с асферическими поверхностями.

В качестве примера осветительной системы на рис. 2.1 приведена схема диапроектора оптико-механического комплекса ПП-82 (камера КТ-132), служащего для проецирования изображения тест-таблицы на фотокатоды передающих трубок и их подсветки.

Оптическая схема диапроектора состоит из источника света (лампа ОП4-4) с рефлектором и матового стекла, служащего для улучшения равномерности освещения, конденсора, тест-таблицы, предназначенной для совмещения изображений каналов, и проекционного объектива с ирисовой диафрагмой, пред-

назначенной для регулирования светового потока диапроектора. Проекционный объектив служит для изображения тест-таблицы на плоскость фотокатодов передающих трубок, которое вводится в призмный блок с помощью наклонной светоделительной пластины и прямоугольной призмы.

Конденсор дает изображение источника света в плоскости апертурной (ирисовой) диафрагмы проекционного объектива. Подробное описание схемы диапроектора камеры КТ-132 дано в гл. 2.

1.5. Ограничения пучков.

Вредный рассеянный свет

Диафрагмы. Из пространства предметов от каждой точки объекта в сторону оптической системы направляются пучки лучей в пределах больших телесных углов. Но оптические детали имеют оправы, ограничивающие прохождение пучков лучей. Кроме оправ для ограничения диаметров пучков лучей применяются специальные диафрагмы, расположенные, как правило, перпендикулярно к оптической оси.

Из всей совокупности лучей различают два вида пучков: осевой и наклонный. *Осевым* называют пучок, выходящий из точки, расположенной на оси системы. Центральный луч осевого пучка совпадает с осью системы. Пучок, выходящий из внеосевой точки предмета, называют *наклонным*, центральный луч наклонного пучка — *главным*.

На ход наклонных пучков существенно влияет положение апертурной диафрагмы системы. Обычно в объективах апертурная диафрагма располагается внутри оптической системы, но в ряде случаев она может быть расположена впереди или сзади нее.

Если апертурная диафрагма располагается в пространстве предметов в передней фокальной плоскости системы, то главный луч в пространстве изображений идет параллельно оптической оси, а если апертурная диафрагма расположена в задней фокальной плоскости системы, то в пространстве предметов главный луч должен идти параллельно оптической оси. Ход наклонного пучка, главный луч которого параллелен оптической оси, называют *телецентрическим*. Такой ход лучей обычно встречается в микроскопах (в пространстве предметов), измерительных приборах и системах объективов камер ЦТВ (в пространстве изображений).

Виньетирование. В оптической системе оправы линз и других оптических деталей выполняют роль диафрагм, различно влияющих на ход осевого и наклонных пучков лучей. Диафрагму, которая влияет лишь на наклонный пучок лучей, называют *виньетирующей*.

На рис. 1.8 видно, что для предмета A_0A_1 главный луч пересекает ось в точке P_1 и телесные углы осевого и наклонного пучков равны друг другу. Для предмета A_0A_2 апертурная диафрагма перемещается в точку P_2 и телесный угол наклонного пучка меньше, чем осевого. Лучи, выходящие из точки предмета, расположенной выше точки A_2 , вообще не попадут в оптическую систему. Таким образом, возни-

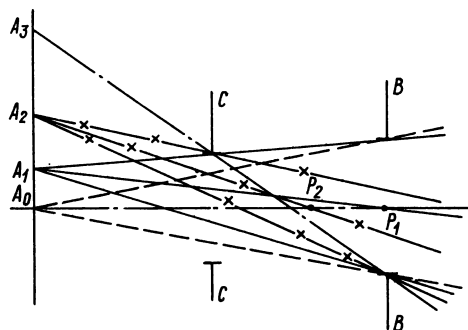


Рис. 1.8. Влияние диафрагмы на виньетирование пучков лучей

кает явление постепенного затенения пучков лучей, поступающих в оптическую систему, называемое *геометрическим виньетированием*.

В результате виньетирования уменьшается площадь сечения наклонного пучка лучей. Отношение площади сечения наклонного пучка лучей, перпендикулярного к оптической оси, к площади сечения осевого пучка называется *коэффициентом геометрического виньетирования*. Особенно существенна роль этого коэффициента для оптических систем, где наклонные пучки попадают в систему под большими углами (широкоугольные системы). Вследствие уменьшения коэффициента виньетирования при увеличении угла поля зрения значительно уменьшается освещенность соответствующих точек изображения.

Особое внимание явлению виньетирования уделяют при конструировании вариообъективов, в которых при разных положениях компонентов реализуются различные апертуры пучков и углы поля зрения. Поэтому для вариообъективов приходится проводить расчет хода пучков лучей для нескольких особо критичных положений компонентов и по высотам хода лучей принимать решение о диаметре той или иной диафрагмы или оправы и о допустимом коэффициенте виньетирования.

Борьба с вредным рассеянным светом. Одним из факторов, снижающих контраст изображения, является паразитная засветка изображения, которая может возникать вследствие причин, приведенных ниже.

1. Дополнительные изображения — рефлексы второго порядка, возникающие вследствие отражения света от рабочих поверхностей оптических деталей. Эти изображения создают более или менее равномерную засветку всего поля изображения или его части. Эффективным способом борьбы с такой засветкой является просветление оптических поверхностей, в результате чего существенно (примерно до 0,5 %) уменьшается коэффициент отражения от оптической поверхности.

2. Рассеяние света оптическими покрытиями: просветляющими, отражающими, светоделительными.

3. Рассеяние света дефектами на оптических поверхностях — царапинами, точками.

4. Рассеяние света в массе материала оптических деталей (в стекле).

Доля рассеянного света, вызванная перечисленными причинами, сравнительно мала и может быть уменьшена только технологическими средствами.

5. Дополнительные изображения, возникающие при неправильном конструировании призм в результате вторичных отражений от рабочих граней.

6. Рассеяние света на нерабочих участках поверхностей оптических деталей, во внутренних частях оправ и корпусов, в которых крепятся оптические детали, являющееся результатом неправильного конструирования. Для уменьшения паразитной засветки такого вида следует учитывать при разработке конструкции прибора следующие рекомендации: а) внутренние границы корпуса должны лежать вне пределов рабочих пучков лучей; б) в плоскостях промежуточных изображений предмета и зрачка необходимо устанавливать дополнительные диафрагмы соответствующего диаметра; в) целесообразно введение диафрагм, не являющихся ни полевыми, ни апертурными; размеры и места установки этих диафрагм определяются габаритными размерами рабочих пучков лучей и конструктивными соображениями.

Бленды. При работе оптической системы в условиях естественной освещенности или при съемке предметов, подсвеченных дополнительными источниками света, практически неизбежно попадание в прибор света, идущего из участков пространства предметов, расположенных вне рабочего поля зрения. Для уменьшения влияния прямой засветки применяют противосолнечные бленды, содержащие ряд перегородок (диафрагм) и предназначенные для ограждения полезного поля от световых лучей, не участвующих в построении изображения. Для объективов с переменным фокусным расстоянием такие бленды выполняют свою защитную функцию только в режиме работы максимального углового поля зрения (при минимальном фокусном расстоянии).

1.6. Потери света в оптических системах. Просветление

Прохождение световых потоков через оптические системы связано с потерями света, которые складываются из потерь на отражение при преломлении на полированных поверхностях оптических деталей и поглощение и рассеяние при прохождении светом толщи вещества деталей.

Потери на отражение. Часть света, отраженного от преломляющей поверхности, определяется коэффициентом отражения по формуле Френеля

$$\rho = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\varepsilon - \varepsilon')}{\sin^2(\varepsilon + \varepsilon')} + \frac{\operatorname{tg}^2(\varepsilon - \varepsilon')}{\operatorname{tg}^2(\varepsilon + \varepsilon')} \right].$$

При этом углы ε и ε' связаны между собой законом преломления

$$n \sin \varepsilon = n' \sin \varepsilon'$$

Углы падения в реальных системах редко превышают 45° , поэтому в практических ра-

счетах полагают, что лучи падают нормально к поверхности, т. е. $\varepsilon \approx 0$. В этом случае формула Френеля существенно упрощается

$$\rho = \left(\frac{n' - n}{n' + n} \right)^2$$

Как видно из формулы, наибольшие потери происходят на границе раздела стекло — воздух, а в случае склеенных линз потери света на склеиваемых поверхностях практически отсутствуют.

В целях увеличения светопропускания систем за счет уменьшения коэффициентов отражения на полированных поверхностях на поверхности наносят специальные пленки. Показатель преломления пленки и ее толщина подбираются так, чтобы суммарная интенсивность светового потока, отраженного от поверхности пленки и стекла вследствие интерференции света, была близка к нулю. В настоящее время разработаны сложные многослойные просветляющие покрытия для всех марок стекол, дающие коэффициент отражения $\rho \leq 0,8 \%$ в широкой области спектра (видимый диапазон). Вследствие равномерности отражения на различных участках видимой области спектра такое покрытие не вызывает появления окраски поля зрения прибора в проходящем свете при наличии большого числа поверхностей в системе.

Применяемые в настоящее время для систем ЦТВ просветляющие ахроматические покрытия характеризуются коэффициентами отражения, приведенными в табл. 1.1.

Число слоев покрытия определяется показателем преломления марки стекла линзы и предъявленными требованиями к светопропусканию.

Существенное действие простветления состоит не только в том, что уменьшается потеря света на отражение, но и в том, что отраженные лучи в пленке в соответствии с законами интерференции гасят друг друга, уменьшая тем самым вредный рассеянный свет.

Потери на поглощение. Свет при прохождении внутри оптической среды ослабляется, частично поглощаясь средой, а частично рассеиваясь. При определении прозрачности оптической среды трудно разделить потери на поглощение и рассеяние, поэтому оптическая среда характеризуется общим коэффициентом ослабления, определяющим потери света на 1 см длины хода. Большинство марок оптических стекол имеет в среднем потери внутри стекла примерно 1 % на 1 см, т. е. если длина хода в стекле составляет 1 см, то коэффициент светопропускания массы стекла $\tau_{ст} = 0,99$.

Таблица 1.1

Коэффициент отражения ρ (%) для просветляющих покрытий

Покрытие		Для длины волны света, мкм					
		400	430	480	525	630	700
Трехслойное стекле К8	на	0,45	0,2	0,15	0,15	0,25	0,8
	на	1	0,8	0,4	0,25	0,4	1
Двухслойное стекле ТФ1							

Таблица 1.2
Спектральное пропускание оптических стекол

Марка стекла	Вариант исполнения	τ_λ слоя стекла толщиной 1 см			
		λ , мкм			
		400	430	550	650
К8	Обычный	0,914	0,897	0,951	0,920
	Специальный	0,995	0,995	0,997	0,996
TK16	Обычный	0,692	0,811	0,962	0,935
	Специальный	0,990	0,994	0,998	0,997
СТК12	Обычный	0,773	0,857	0,964	0,955
	Специальный	0,981	0,991	0,997	0,997
ТФ1	Обычный	0,667	0,818	0,962	0,935
	Специальный	0,981	0,990	0,997	0,997
ТФ8	Обычный	0,365	0,661	0,951	0,916
	Специальный	0,962	0,986	0,997	0,997

Большое значение для объективов ЦТВ имеет спектральное пропускание стекла. Как правило, в коротковолновой части спектра ($\lambda < 450$ нм) пропускание оптических стекол практически всех марок существенно падает, вследствие чего спектральное пропускание всей оптической системы оказывается неравномерным. В объективах для профессионального кинематографа, предназначенных для работы с цветной пленкой, и в оптических системах для ЦТВ, где спектральное пропускание оптической системы должно быть строго определенным в зависимости от спектральной чувствительности приемника для обеспечения правильной цветопередачи объекта съемки, применяются оптические стекла с повышенным пропусканием в коротковолновой части спектра, специально разработанные для ЦТВ.

В табл. 1.2 приведены сведения о коэффициентах спектрального пропускания нескольких наиболее употребительных в объективах для ЦТВ марок стекол в обычном и специальном исполнениях.

Пропускание оптической системы. Количество света, прошедшего через оптическую систему, определяется коэффициентом пропускания τ , который определяется отношением потока излучения, прошедшего через систему, к потоку излучения, входящему в нее. Общий коэффициент пропускания оптической системы находят путем перемножения коэффициентов пропускания всех поверхностей и оптических сред.

В удобном для вычислений виде формула расчета коэффициента светопропускания оптической системы выглядит следующим образом:

$$\tau = (1 - \rho_1) \frac{(1 - \rho_q) (1 - K_1)^{d_1}}{(1 - K_m)^{d_m} R_1 R_c T_1 T_p},$$

где ρ — коэффициент отражения от поверхности детали на границе двух сред; K — коэффициент светопоглощения среды оптических деталей; d — длина хода луча в оптических деталях по оптической оси, см; R — коэф-

Таблица 1.3

**Коэффициенты светопропускания
вариообъективов для ЦТВ**

Вариообъектив	τ , при λ , мкм					
	400	430	480	550	600	650
Радуга М	0,20	0,51	0,69	0,78	0,76	0,70
Сокол 20×29	0,25	0,49	0,62	0,68	0,72	0,63
Variogon 2,1/20-600	0,30	0,45	0,65	0,73	0,70	0,65
ОЦТ 35×13П	0,20	0,41	0,51	0,63	0,74	0,66

фициент отражения зеркальных непрозрачных покрытий и светоделительных покрытий; T — коэффициент пропускания светоделительных покрытий; q — число поверхностей, граничащих с воздухом, кроме поверхностей с зеркальным и светоделительным покрытием; m — число деталей системы, кроме зеркал с внешним отражающим покрытием; s — число поверхностей с зеркальным непрозрачным покрытием и светоделительными покрытиями при работе их на отражение; p — число поверхностей со светоделительными покрытиями при работе их на пропускание. Этой формулой не учитываются потери при отражении на поверхности склейки деталей, если у них отсутствует светоделительное покрытие, а также на поверхностях отражательных призм, на которых происходит полное внутреннее отражение. Коэффициенты светопропускания вариообъективов для ЦТВ приведены в табл. 1.3.

1.7. Оптические схемы камер ЦТВ. Объективы постоянного и переменного фокусных расстояний для камер ЦТВ

Основным оптическим элементом телевизионной передающей камеры является объектив, с помощью которого изображение объектов проецируется на фоточувствительную поверхность передающей трубки.

Оптические схемы камер ЦТВ и специфика их использования. Для камер ЦТВ наиболее простой является оптическая система,

состоящая из трех съёмочных объективов, каждый из которых проецирует изображение на свою передающую трубку. Однако по эксплуатационным соображениям в связи с трудностью фокусировки и совмещения изображений такая система распространения не получила.

Указанные недостатки были устранены в системе с «переносом изображения». Существует несколько типов таких систем, отличающихся лишь местом расположения цветоделительных покрытий. По принципу переноса изображения построена оптическая схема репортажной отечественной камеры КТ-302Р (рис. 1.9), а также камеры ТТV-1515 (Франция). Рассмотрим оптическую схему камеры КТ-302Р.

Киньёмочный объектив с переменным фокусным расстоянием «Фотон» ($f' = 3,5/37 \div 140$) создает изображение в плоскости коллектива. Для проецирования изображения на передающие трубки используется специально рассчитанный объектив «переноса». Назначение коллектива состоит в обеспечении телецентрического хода главных лучей в пространстве цветоделительного совмещения изображения выходного зрачка объектива «Фотон» с входным зрачком объектива переноса, расположенным в его передней фокальной плоскости.

Цветоделительная призма, представляющая собой пентапризму с дихроическими покрытиями на отражающих поверхностях, склеенную с двумя клиньями, разделяет световой поток на три цветовые составляющие, т. е. является типичным цветоделителем; поэтому для камер ЦТВ пришлось название призмы «цветоделительная», подчеркивающее функцию призмы. Дихроические покрытия совместно со светофильтрами обеспечивают необходимый спектральный диапазон каждого канала.

Системы с переносом изображения достаточно сложны, обладают большими габаритными размерами и массой, сравнительно невысоким качеством изображения. Поэтому в последнее время разрабатываются камеры, оптические системы которых состоят из съёмочного объектива с переменным фокусным расстоянием (панкратические объективы) и цветоделительного блока призм, расположенного в удлиненном заднем отрезке объектива. Такие

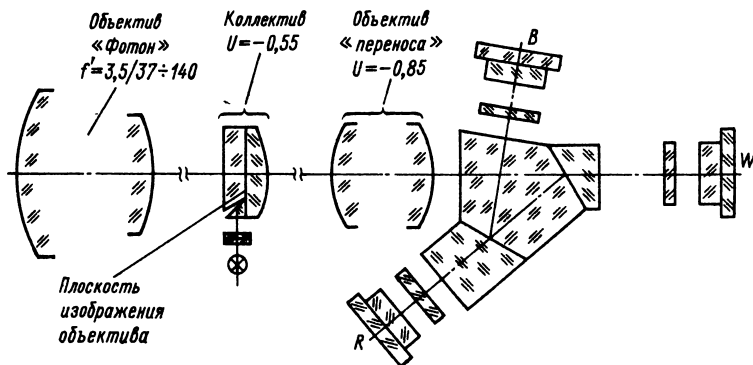


Рис. 1.9. Оптическая схема камеры КТ-302Р на базе объектива «Фотон» ($f' = 3,5/37 \div 140$)

системы имеют меньшие габаритные размеры и массу, больший коэффициент пропускания (в связи с отсутствием объектива переноса) и лучшее качество изображения. По этому принципу построены оптические системы камер КТ-132, КТ-178 и др.

Принципы построения вариообъектива.

Объективы с переменным фокусным расстоянием характеризуются тем, что их фокусное расстояние, а соответственно и масштаб изображения могут изменяться в достаточно больших пределах. Положение плоскости резкого изображения при этом остается неизменным и совмещенным с плоскостью фотокатода.

В настоящее время созданы панкратические объективы с весьма высокими оптическими характеристиками: кратностью изменения фокусного расстояния до 50 относительным отверстием до 1:1—1:1,2, наибольшими угловыми полями зрения до 76—90°. В большинстве случаев благодаря высоким параметрам указанные объективы успешно заменяют целые наборы сменных объективов с постоянным фокусным расстоянием.

Во всех панкратических системах изменение масштаба производится перемещением компонентов (группы линз) вдоль оптической оси. При перемещении одного компонента одновременно с изменением увеличения меняется расстояние от предмета до изображения. Для панкратического объектива необходимо сохранять постоянным положение предмета и изображения. Поэтому для компенсации смещения изображения (при постоянном положении предмета) вводят дополнительное перемещение второго компонента.

Анализ существующих многочисленных систем дает возможность выделить рациональные схемы с большими коррекционными возможностями. Такой универсальной схемой, позволяющей реализовать свойства как широкоугольного объектива, так и телеобъектива, является используемая в большинстве известных систем четырехкомпонентная схема (рис. 1.10). Она состоит из неподвижных положительных наружных компонентов I и IV и подвижных внутренних, из которых компоненты II и III отрицательные (в четырехкомпонентной схеме третий компонент может быть как отрицательным, так и положительным). Для сохранения постоянства относительного отверстия объектива при изменении его фокусного расстояния необходимо располагать апертурную диафрагму после переменной части системы — внутри или перед последним неподвижным компонентом.

Когда предшествующая IV компоненту часть системы создает изображение в бесконечности, систему называют *трансфокатором*. Когда промежуточное изображение располагается на конечном расстоянии, систему называют *вариообъективом*. Используемые в ЦТВ системы относят к разряду вариообъективов.

Основой системы является собственно переменная часть (компоненты II и III), назначение которой — обеспечить требуемую кратность системы и неподвижное положение плоскости изображения при всех фокусных расстояниях.

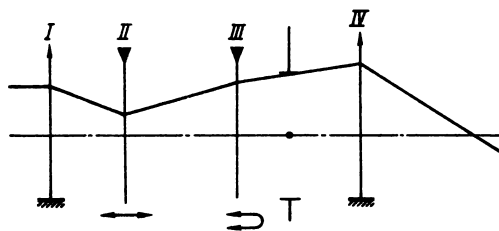


Рис. 1.10. Оптическая схема четырехкомпонентного вариообъектива

Этой частью определяется конструкция объектива, в нее входит кулачковый механизм, изготовление которого является весьма трудоемкой операцией.

Подвижкой компонента I или его части осуществляют фокусировку объектива на конечные расстояния. Выбором параметров IV неподвижного компонента (корректора) определяют необходимые крайние значения фокусных расстояний всего объектива. Конструкция корректора должна обеспечить выполнение специальных требований: введение внутренних элементов для увеличения кратности, дополнительных фокусирующих подвижек и телецентрический ход в пространстве изображений, что требуется в системах ЦТВ для размещения цветоделительных устройств за объективом. Для выполнения последнего требования передний фокус корректора должен совпадать с апертурной диафрагмой, расположенной перед ним. Корректор при этом работает со значительным выносом входного зрачка, что трудно осуществимо в светосильных системах. Для обеспечения этого условия корректор должен быть выполнен из двух частей, разделенных довольно большим воздушным промежутком. Примером реализации такой схемы является оптическая схема объектива «Радуга-М» (см. рис. 2.2), подробное описание которой приведено в гл. 2.

Рассмотренная четырехкомпонентная схема позволяет создавать объективы кратностью 10—12^x с угловыми полями зрения 55—58° и заданной светосилой. Как показали исследования, четырехкомпонентная схема обладает возможностями для повышения в ней углового поля зрения до 68—75°. Широкоугольные системы имеют большие габаритные размеры, массу и более сложные конструкции по сравнению с ранее созданными объективами.

Большая часть разработанных панкратических объективов по качеству изображения уступает объективам с постоянным фокусным расстоянием. Можно выделить два вида остаточных aberrаций, существенно снижающих качество изображения: в случае больших фокусных расстояний и при работе системы в широком спектральном диапазоне преобладающей aberrацией является вторичный спектр; при работе объектива с максимальными углами поля зрения снижение качества изображения во многом определяется остаточной кривизной изображения. Улучшение качества изображений исправлением указанных aberrаций ведет к усложнению конструкции, особенно первого и последнего компонентов, что влечет за собой уве-

личение массы и габаритных размеров системы. Поэтому в ряде случаев приходится принимать компромиссное решение.

Увеличение кратности вариообъектива необходимо проводить с учетом возможных вариаций требований к качеству изображения и габаритным размерам. Имеется несколько путей решения этой задачи.

1. Увеличение перепада фокусов за счет большего перемещения подвижных компонентов в обычной четырехкомпонентной схеме. При этом увеличивается расстояние между первым и вторым компонентами, что при больших угловых полях зрения ведет к существенному росту диаметров первого компонента. Примером реализации такой схемы является вариообъектив «Сокол 20×29 » (см. рис. 2.11), обладающий значительными габаритными размерами. Подробное описание оптической схемы этого объектива приведено в гл. 2.

2. Последний компонент объектива (корректор) выполняется в виде двух компонентов, разделенных большим воздушным промежутком, в который вводится дополнительная система с постоянным увеличением $1,5-3 \times$ (экстендер). При этом сохраняется неизменным положение плоскости изображения всей системы, в чем заключаются основное отличие и достоинство такой системы по сравнению с заобъективными приставками, при которых существенно меняется положение плоскости изображения, что приводит к неудобству эксплуатации — необходимости снимать объектив с камеры для установки приставки. Недостаток этого способа увеличения кратности — дискретное (а не плавное) изменение фокусного расстояния в момент введения экстендера.

3. Последовательная установка двух систем переменного увеличения с кратностями m_1 и m_2 . По этому принципу фирмой «Шнайдер» (*Schneider*) построена оптическая схема одного из вариообъективов «Вариогон» (TV-Variogon) с 30-кратным изменением фокусного расстояния ($f' = 20 \div 600$ мм) и соответственно $D/f' = 1:2,1 \div 1:6,3$. Оптическая схема объектива приведена на рис. 2.15.

Следует отметить, что разработчиком оптической схемы этой фирмы К. Махером [31—33] была предложена модульная система построения вариообъективов, принятая сейчас и другими фирмами. Первая составляющая система имеет 15-кратный перепад (компоненты I, II, III). Симметрично относительно ее апертурной диафрагмы расположена система с плавным двукратным изменением увеличения (компоненты V, VI). Подвижные компоненты второй системы имеют конструкции, симметричные соответственно компонентам III и II передней системы. Такое построение системы при большой кратности ($m = 30 \times$) обеспечивает относительно малые длину и диаметр ее переднего компонента, так как передняя часть представляет собой системы 15-кратного объектива. Уменьшение размеров передней части было достигнуто за счет увеличения размеров и длины второй части объектива. Но, поскольку кратность второй системы существенно меньше, общие габаритные размеры и масса всей системы получаются меньше, чем у объектива,

имеющего те же характеристики и построенного по обычной четырехкомпонентной схеме. Одним из недостатков схемы такого типа является уменьшение максимального относительного отверстия в диапазоне больших фокусных расстояний вследствие плавного уменьшения размера выходного зрачка при перемещении компонентов V и VI. К недостаткам системы типа «Вариогон» следует отнести также сложность ее схемы, включающей 32 линзы с 42 поверхностями стекло — воздух. Разработка такой схемы эффективна только при использовании новых многослойных просветляющих покрытий, имеющих малые потери на отражение и поглощение.

Для расширения эксплуатационных возможностей панкратических объективов желательно уменьшение дистанции съемки, с которой может быть использован объектив. В случае больших угловых полей зрения при обычной фокусировке компонентом I, который в большинстве систем положителен, существенно возрастают световые диаметры фокусирующего компонента. Значительное увеличение диаметров линз компонента I ограничивает минимальную дистанцию съемки.

Для получения меньшей дистанции без заметного увеличения диаметров фронтальных линз целесообразно компонент I выполнять из двух частей: передней — отрицательной и второй — положительной. При этом фокусировка на конечные расстояния осуществляется передней (отрицательной) частью компонента.

На схемах, приведенных на рис. 1.11, а и б, видно, что при перемещении передней части компонента (рис. 1.11, б) световой диаметр ее растет гораздо меньше, чем в случае, показанном на рис. 1.11, а. Таким образом, за счет усложнения конструкции компонента I удается расширить возможность фокусировки без существенного увеличения его диаметра. В объективе «Вариогон» с $f' = 2,1 \div 6,3/20 \div 600$ (см. рис. 2.15) компонент I имеет восьмимиллиметровую конструкцию по описанному принципу, что позволяет в длиннофокусной системе получить весьма малую дистанцию фокусировки — примерно 0,8 м.

Съемка объекта, расположенного в непосредственной близости от первой поверхности объектива (до нескольких миллиметров), осуществляется посредством смещения второго подвижного компонента (III) при установке объектива в положение минимального фокусного расстояния или части IV неподвижного компонента объектива. Такая съемка получила название макросъемки, а объективы с переменным фокусным расстоянием, имеющие такую подвижку, называют макрозум. Учитывая большой масштаб изображения, можно считать допустимым некоторое ухудшение качества изображения при макросъемке.

Наиболее сложной и трудоемкой операцией при сборке вариообъективов является получение в системе неподвижной плоскости изображения во всем диапазоне изменения фокусного расстояния. Как уже отмечалось, большая часть существующих объективов построена по четырехкомпонентной кинематической схеме, в которой перемещаются два внутренних ком-

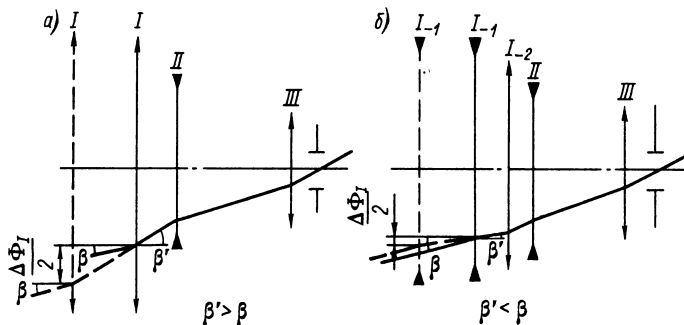


Рис. 1.11. Варианты оптической схемы фокусирующей подвижки вариообъектива

понента: II — обычно по линейному и III — по нелинейному закону. В ряде случаев оба компонента перемещаются нелинейно.

В изготовленном объективе несовпадение плоскости изображения для разных фокусных расстояний может возникнуть в результате отступления от расчетных значений фокусных расстояний подвижных компонентов; координат профиля кулачка; переменных воздушных промежутков. Ошибки в фокусном расстоянии (точнее, положения задней фокальной плоскости) компонента I и установке подвижных компонентов в исходное положение могут быть непосредственно устранены в процессе сборки путем изменения воздушных промежутков между компонентами в начальном положении. Отступление фокусного расстояния последнего неподвижного компонента вызывает смещение плоскости изображения, одинаковое для всех фокусных расстояний. Анализ зависимости смещения плоскости изображения от приведенных дефектов изготовления и сборки приводит к следующим выводам: наиболее жесткие требования к точности профиля криволинейного паза кулачка предъявляются на участке малых фокусных расстояний; профиль «винтового» паза для компонента II должен быть выполнен наиболее точно для больших фокусных расстояний; весьма чувствительными являются ошибки в фокусных расстояниях подвижных компонентов; поэтому при расчете и конструировании их предусматривается возможность юстировочного изменения одного из воздушных промежутков компонента для корректировки фокусного расстояния.

Особенности работы объективов с цветоделительными призмными блоками. Передающая цветная ТВ-камера должна формировать сигналы, обеспечивающие цветовое соответствие (идентичность) изображения и оригинала. Качество цветопередачи камеры определяется прежде всего спектральными характеристиками оптической системы, которые зависят от факторов, приведенных ниже.

1. Отступление от телецентрического хода главных лучей в пространстве изображения. С изменением угла падения лучей на дихроическое покрытие меняются интенсивность и спектральный состав отраженного света. Во избежание этого явления при разработке опти-

ческих систем ЦТВ стремятся к обеспечению в пространстве цветоделения одинаковых углов падения лучей на цветоделительные покрытия вне зависимости от того, от каких точек объекта исходят эти лучи. Поэтому в оптических системах ЦТВ необходимо обеспечение телецентрического хода главных лучей в пространстве цветоделения.

На рис. 1.12 изображен ход лучей в призмном блоке (представленном в виде плоско-параллельной пластинки) для осевых и внеосевых точек поля изображения: σ'_A —

углы наклона крайних апертурных лучей для осевой точки изображения; ω'_0 — угол наклона главного луча пучка для внеосевой точки изображения; ω'_{+m} , ω'_{-m} — углы наклона крайних апертурных лучей пучка для внеосевой точки изображения.

2. Виньетирование в плоскости выходного зрачка. Наклон главного луча пучка может произойти вследствие виньетирования внеосевых пучков. Главный луч светового пучка является его центральным лучом. При изменении значения фокусного расстояния и характера виньетирования по полю и меняются положения центров внеосевых пучков. Вследствие этого меняются углы наклона главных лучей относительно оптической оси, а следовательно, и углы падения главных лучей на дихроическое покрытие, что приводит к изменению спектральных кривых отражения (пропускания), а также к изменению пропускания всей системы в разных точках поля и к так называемому расцветыванию изображения. Допустимым считается отступление от телецентричности не более $1,5 \div 2^\circ$.

3. Падение освещенности по полю изображения объектива. Вследствие падения освещенности от центра к краю поля изображения изменяется освещенность по полю изображения в каналах оптической системы, что ведет к нарушению правильной цветопередачи в поле кадра. Наибольшее относительное падение освещенности имеет место при максимальном относительном отверстии. С уменьшением относительного отверстия освещенность по полю изображения выравнивается. Падение освещенности в объективе зависит от его угла поля

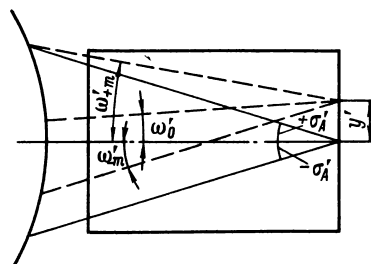


Рис. 1.12. Ход лучей в развертке призмного блока, расположенного за объективом

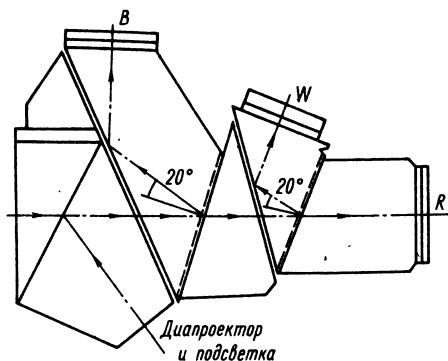


Рис. 1.13. Конструкция блока ПП-82 камеры КТ-132

зрения и практически постоянно по спектру.

Конструкция цветоделительного блока. Для осуществления цветоделения на три основные цветовые составляющие используется, как правило, сложная призмная система, располагающаяся в удлиненном заднем отрезке варио-объектива.

На рис. 1.13 и 1.14 изображены конструкции блоков ПП-82 и БТСВ камер КТ-132 и КТ-178. Штриховыми линиями показаны поверхности с цветоделительными покрытиями. Внутренняя поверхность первой пары склеенных призм блока ПП-82 имеет в плоскости склейки частично отражающее нейтральное покрытие для введения в призмный блок изображения от диапроектора и системы подсветки (см. п. 1.4). Ввод системы диапроектора в блок БТСВ производится с помощью коммутирующих призм. Между призмами воздушные промежутки составляют не более 0,02 мм, чтобы при втором отражении светового пучка обеспечить полное внутреннее отражение.

Световой поток, попадая на первую дихроичскую поверхность, разделяется в соответствии со спектральной характеристикой покрытия: синяя составляющая отражается, попадает на вторую отражающую грань призмы и, претерпевая на ней полное внутреннее отражение, направляется на передающую трубку синего

канала B . Световой поток, проходящий дихроичскую поверхность первой призмы, попадает на дихроичскую поверхность второй призмы, отражающую вторую цветовую (зеленую) составляющую изображения. Эта составляющая после полного внутреннего отражения на второй поверхности призмы попадает на передающую трубку яркостного канала W . Третья цветовая составляющая светового потока проходит прямо на передающую трубку красного канала R .

Существенную роль для правильной цветопередачи играют углы падения лучей на цветоделительные поверхности и поляризация света. Спектральные кривые отражения и пропускания интерференционных (дихроичных) покрытий зависят от угла падения лучей на них. Разработанные в настоящее время покрытия таковы, что спектральная характеристика отражения (пропускания) меняется незначительно при изменении угла падения лучей от 0 до 10° . При углах падения свыше 10° изменение спектральных кривых отражения (пропускания) оказывается значительным. Поэтому оптические системы камер ЦТВ должны обеспечивать одинаковые углы падения лучей на цветоделительные поверхности, что лучше всего достигается при телецентрическом ходе лучей. Кроме того, неотъемлемой частью действия интерференционных многослойных покрытий, характеризующихся большими углами падения на них пучков света, является поляризация света. Спектральные кривые отражения (пропускания) зависят от степени поляризации падающего света, и зависимость эта тем больше, чем больше угол падения.

По этим причинам углы наклона поверхностей, отражающих красную и зеленую составляющие, должны быть не больше 20° , а углы наклона поверхностей, отражающих синюю составляющую, — не больше 25° . Для уменьшения угла падения в блок устанавливают клин перед первой цветоделительной призмой (см. рис. 1.13 и 1.14). Расположение трубок определяется при разработке конструкции камеры, а тем самым обуславливается и конструкция блока. Геометрия призм определяется исходя из размеров рабочего пучка лучей и наименьшей длины хода пучка. Для всех каналов блок призм эквивалентен плоскопараллельной пластинке, расположенной перпендикулярно к оптической оси объектива. Аберрации, вносимые блоком, учитываются при расчете объектива. В каждом из каналов перед планшайбой передающей трубки расположены компенсирующие светофильтры, состоящие из пластин цветного и бесцветного стекла. Пластина бесцветного оптического стекла служит для компенсации разности оптического пути в разных каналах, а пластина цветного стекла (собственно светофильтр) необходима для корректировки спектрального диапазона каналов.

В вещательном ЦТВ изображение образуется сложением трех основных цветов (R , W , B), причем изображение каждого цвета должно иметь свой уровень яркости в соответствии со спектральной характеристикой глаза. Для правильной цветопередачи необходимо, чтобы

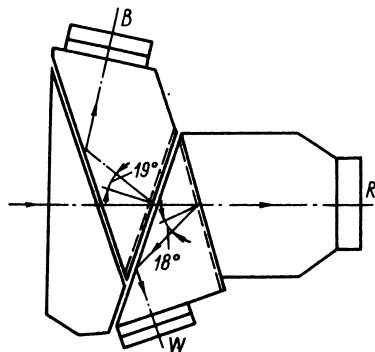


Рис. 1.14. Конструкция блока БТСВ камеры КТ-178

полученная яркость изображения складывалась из яркостей основных цветов в определенном соотношении. Поэтому в процессе цветоделения, цветопередачи и цветового синтеза учитываются спектральные характеристики приемных трубок и с помощью светофильтров задаются уровни светового потока в каждом канале, обеспечивающие требуемую суммарную яркость изображения.

В качестве корректирующих светофильтров применяют плоскопараллельные пластины цветного стекла (ГОСТ 9411—81Е) марок ОС12, ЖС11, ЖС319, СС5. Между призмным блоком и объективом расположены сменные светофильтры: нейтральные для изменения общего светового потока (из нейтрального стекла марок НС или поляроидные) и температурные для приведения яркости излучения в условиях дневной (5000 К) и сумеречной (9000 К) съемки к яркости источника излучения, соответствующей 3200 К, на который сбалансированы передающие трубки.

1.8. Качество изображения

Аберрации оптических систем. Для идеальной оптической системы лучи, выходящие из какой-либо точки предмета и прошедшие через оптическую систему, всегда собираются в одну точку, т. е. гомоцентричность пучка не нарушается. Реальная оптическая система, обусловленная конкретными радиусами кривизны поверхностей, толщинами линз и воздушными промежутками, а также оптическими характеристиками материалов линз, вызывает отступление от гомоцентричности пучков лучей в пространстве изображений. Отклонения лучей, выраженные в линейной или угловой мере, от тех направлений, по которым они должны были бы идти в идеальной оптической системе, являются ошибками или погрешностями в изображении и называются *абберациями*. Различают аберрации монохроматические и хроматические. Монохроматические аберрации подразделяются, в свою очередь, на пять основных видов: аберрации широкого пучка — сферическая аберрация и кома; полевые аберрации — астигматизм, кривизна поля изображения и дисторсия.

1. Сферическая аберрация определяется для пучка лучей, выходящих из осевой точки предмета. На рис. 1.15 показано явление, характерное для одиночной положительной линзы. Чем дальше от оптической оси падают на линзу лучи, т. е. чем больше угол σ_0 по абсолютному значению, тем ближе к линзе пересекает луч оптическую ось после прохождения через линзу. Расстояние по оптической оси между точками пересечения действительного A'_3 и параксиального A' лучей называется *продольной сферической аберрацией*

$$\delta s' = s' - s'_0.$$

В плоскости изображения, проходящей через точку A' ,

вследствие сферической аберрации возникает кружок рассеяния, радиус которого $\delta y'$ называется *поперечной сферической аберрацией*

$$\delta y' = \delta s' \operatorname{tg} \sigma'_A.$$

В параксиальной плоскости изображения, проходящей через точку A' , кружок рассеяния наибольший, и энергия в нем распределена неравномерно. Наименьший кружок рассеяния образуется на расстоянии Δ от точки A' , но в этом случае значительная часть световой энергии концентрируется в кольцевой зоне. Наилучшее по резкости изображение возникает там, где имеется наиболее яркое ядро в центре кружка рассеяния. Плоскость, где расположено такое изображение, называется *плоскостью наилучшей установки* (ПНУ).

Для устранения сферической аберрации в системе приходится комбинировать линзы различной оптической силы, так как положительные линзы вносят отрицательную сферическую аберрацию, а отрицательные — положительную. Устранение сферической аберрации для одной точки по зрачку недостаточно. Необходимо, чтобы для всех лучей, проходящих через входной зрачок на различной высоте, сферическая аберрация была уменьшена до допустимого предела, определяемого требуемым качеством изображения в центре поля. Устранение сферической аберрации для изображения центральной точки предмета не является достаточным условием для безаберрационного изображения участков предмета, находящихся вблизи осевой точки.

Для того чтобы малый элемент предмета dy , расположенного в точке A , безаберрационно изображался в точке A' элементом dy' , при условии устранения сферической аберрации для точек A и A' , необходимо условие выполнения закона синусов Аббе

$$n dy \sin \sigma_A = n' dy' \sin \sigma'_A.$$

Условие одновременного соблюдения закона синусов и устранения сферической аберрации получило название *аплатизма*, а точки предмета и изображения, для которых выполнено это условие, называют *аплатическими*.

2. Нарушение симметрии в структуре наклонного пучка лучей в пространстве изображений называют *комой*. Основной причиной комы является, как и в случае сферической аберрации, кривизна поверхностей линзы. Но в осевом пучке существует полная симметрия вверх и вниз от оптической оси, а в наклон-

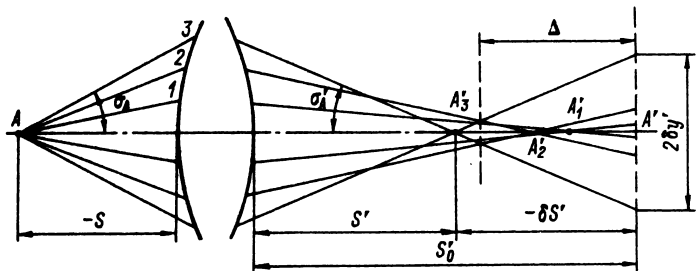


Рис. 1.15. Сферическая аберрация положительной линзы

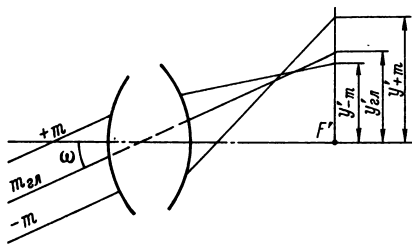


Рис. 1.16. Аберрация комы для внеосевой точки предмета

ном пучке эта симметрия отсутствует. Поэтому верхние и нижние части пучка относительно главного луча преломляются неодинаково и дают различные погрешности (рис. 1.16), что приводит к искажению структуры в изображении точки и к асимметричному распределению энергии в нем. Несимметричность пятна рассеяния определяется меридиональной комой

$$K = (y'_{+m} + y'_{-m})/2 - y'_{гл.}$$

Кома зависит как от ширины падающего пучка $-2m$ (размера входного зрачка), так и от угла наклона падающего пучка ω и является определяющей при характеристике качества изображения внеосевых точек предмета.

3. **Астигматизм** — явление, заключающееся в том, что лучи бесконечно узкого наклонного пучка, идущие вблизи главного луча, после преломления в оптической системе в меридиональной и в сагитальной плоскостях собираются в разных точках. Причина возникновения астигматизма — разная кривизна поверхности в разных сечениях для пучков лучей, идущих под большим наклоном. Для осевой точки предмета астигматизм отсутствует, так как кривизна поверхностей в обоих сечениях одинакова.

Явление астигматизма изображено на рис. 1.17. В точку M на сферической поверхности падает главный луч бесконечно узкого пучка лучей, выходящего из точки предмета B . Так как кривизна поверхностей в сечениях mt и ss будет различна, то и преломление лучей в меридиональной и сагитальной плоскостях будет различным. Вследствие этого меридиональные лучи соберутся в точке P'_m , а сагитальные — в точке P'_s . Изображение в плоскостях между P'_m и P'_s будет меняться от горизонтально до вертикально вытянутого овала.

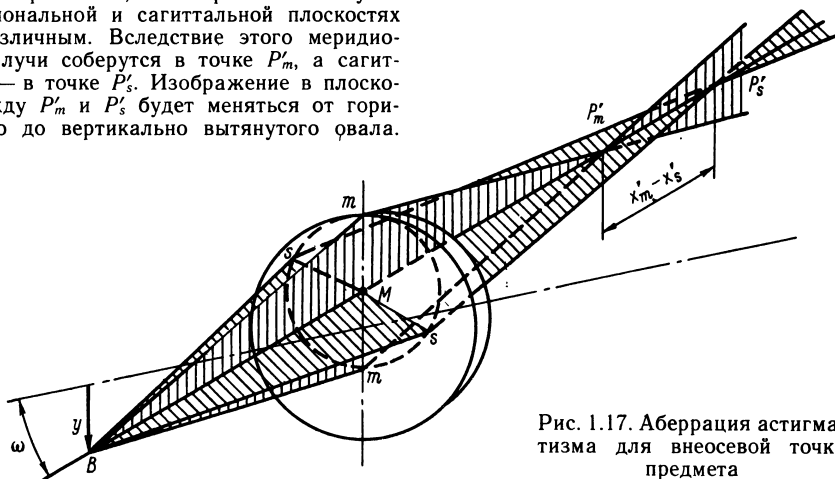


Рис. 1.17. Аберрация астигматизма для внеосевой точки предмета

Расстояние $x'_m - x'_s$ между точками P'_m и P'_s , называется астигматической разностью, которая является мерой астигматизма, где x'_m и x'_s — расстояния точек P'_m и P'_s от плоскости изображения вдоль главного луча. Астигматизм зависит от угла наклона пучка ω .

4. При рассмотрении астигматизма можно выявить наименьшую фигуру рассеяния между точками P'_m и P'_s , имеющую форму круга. Расстояние от этой плоскости, являющейся серединой между точками P'_m и P'_s , до плоскости изображения определяет кривизну поля изображения $(x'_m + x'_s)/2$.

Аберрацию, характеризующуюся тем, что изображение плоского предмета располагается на неплоской поверхности, называют **кривизной поля изображения**. Для достижения плоского поля с хорошим изображением необходимо в оптической системе устранить не только астигматизм, но и кривизну поля. Оптическую систему, свободную от астигматизма и кривизны поля, принято называть **анастигматом**. Такое исправление аберраций особенно важно там, где изображение рассматривается на плоской поверхности пленки или приемника. Современные ТВ-объективы по своему аберрационному исправлению относятся к анастигматам.

5. **Дисторсия** — это аберрация, проявляющаяся в том, что нарушается геометрическое подобие изображения предмету. Дисторсия не нарушает резкости изображения, а вносит искажения в форму изображения. Нарушение условия постоянства линейного увеличения по полю — условия ортоскопии — является причиной возникновения дисторсии. Дисторсия считается положительной (подушкообразной), когда размер действительного изображения больше теоретического, и отрицательной (бочкообразной), когда размер действительного изображения меньше теоретического.

Относительная оптическая дисторсия (%)

$$\Delta = [(y' - y'_0)/y'_0] 100,$$

где y' , y'_0 — соответственно размеры действительного и теоретического изображения.

Особенно важное значение имеет дисторсия в оптических измерительных системах,

а также в объективах, предназначенных для аэрофотографических, картографических работ. Для ТВ-объективов допустимой считается оптическая дисторсия порядка 2—4 %, однако очень высокие требования предъявляются к несовмещению изображений в разных цветовых каналах. По ГОСТ 19871—83, неточность совмещения изображений в центральном круге диаметром 0,8 высоты изображения допускается не более 0,1 % от высоты изображения; в круге диаметром, равным ширине кадра, — не более 0,25 % от высоты изображения и 0,4 % от высоты изображения — в остальной части кадра.

В объективах с переменным фокусным расстоянием дисторсия меняет свое численное значение и знак при изменении фокусного расстояния. В зоне малых фокусных расстояний (при больших углах поля зрения) она составит (—3) — (—5) %. С увеличением фокусного расстояния дисторсия довольно быстро уменьшается, затем переходит через нуль и в остальном диапазоне фокусных расстояний сохраняет значение, не превышающее 1,5—2 %.

6. При прохождении через преломляющую поверхность белый свет разлагается на спектральные составляющие. Такое явление называется *дисперсией* и характеризует зависимость показателя преломления оптической среды от длины волны. Вследствие дисперсии оптических сред возникают хроматические aberrации системы, которые обычно рассматриваются в пределах заданного диапазона спектра, обусловленного спектральной чувствительностью приемника. Длина волны, для которой чувствительность приемника максимальна, принимается за основную (λ_0), для нее рассчитываются все монохроматические aberrации. Выбор длин волн для расчета хроматических aberrаций определяется характером спектральной чувствительности приемника.

В параксиальной области различают следующие хроматические aberrации: хроматизм положения, хроматизм увеличения и вторичный спектр (рис. 1.18, а—в). Пусть луч белого света выходит из точки А (рис. 1.18, а) и падает на линзу. Вышедшие из линзы цветные лучи вследствие дисперсии материала линзы пересекают оптическую ось каждый в своей точке А'. Разность расстояний между изображениями для двух крайних цветов — *хроматизм положения* $ds'_{\lambda_1 - \lambda_2}$.

При прохождении через оптическую систему лучей от внеосевых точек предмета происходит аналогичное разделение белого света на его составные цветные части (рис. 1.18, б). Разность размеров цветных изображений называется *хроматизмом увеличения*

$$dy' = y'_{\lambda_1} - y'_{\lambda_2}.$$

Хроматизм увеличения вызывает появление цветных контуров изображения, которое создает нерезкость изображения. В объективах ЦТВ хроматизм увеличения особо опасен, так как вызывает неидентичность изображения в разных каналах, которая увеличивается по размеру при увеличении фокусного расстояния объектива. Коррекцию хроматизма принято показывать в виде кривой на графике, по оси

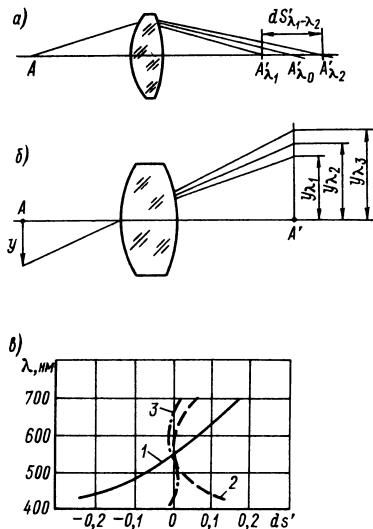


Рис. 1.18. Хроматические aberrации положительной линзы: а — хроматизм положения; б — хроматизм увеличения; в — вторичный спектр

ординат которого откладывают длины волн, а по оси абсцисс — хроматическую aberrацию. Хроматизм положения одиночной положительной линзы показан на рис. 1.18, в в виде кривой 1.

Плоскопараллельная пластинка, поверхности которой перпендикулярны к оптической оси, также вносит в систему хроматизм положения, если она находится в сходящемся ходе лучей. Исправление хроматизма положения для двух крайних длин волн рабочего диапазона достигается подбором линз соответствующей формы и материалов с соответствующей дисперсией. Такие системы называют *ахроматами*. Однако исправление хроматизма положения для двух длин волн (кривая 2 на рис. 1.18, в) не означает устранения хроматической aberrации для всех длин волн. Остаточную хроматическую aberrацию называют *вторичным спектром*, который оказывает весьма заметное влияние на качество изображения, особенно в системах с большим фокусным расстоянием. У современных объективов для цветной фотографии и ЦТВ, ахроматизованных в видимой области спектра, вторичный спектр составляет $ds'_{\lambda_0 - \epsilon} = f'/1200$. Использование стекол с особым ходом дисперсии позволяет добиться равенства задних отрезков в системе для трех длин волн. Такие системы называют *апохроматами* (кривая 3 на рис. 1.18, в).

Расчетные значения вторичного спектра и хроматизма увеличения по ширине кадра современных вариообъективов ЦТВ представлены в табл. 1.4. Хроматические aberrации, приведенные в таблице, рассчитаны для длин волн: $\lambda_0 = 530$ мкм; $\lambda_1 = 460$ мкм; $\lambda_2 = 610$ мкм.

Оценка качества изображения. Разрешающая способность и частотно-контрастная характеристика. Задачей aberrационного расчета оптической системы является достижение

Хроматизм увеличения и вторичный спектр вариообъективов ЦТВ

Вариообъектив	$f'_{\min}$		$5f'_{\min}$		$15f'_{\min}$		$f'_{\max}$	
	Вторич- ный спектр	Хрома- тизм уве- личения	Вторич- ный спектр	Хрома- тизм уве- личения	Вторич- ный спектр	Хрома- тизм уве- личения	Вторич- ный спектр	Хрома- тизм уве- личения
	мм							
Сокол 20×29 , $f' = 29 \div 585$	0,085	0,011	0,09	0,01	—	—	0,50	0,005
Радуга-М, $f' = 22 \div 220$	0,075	0,002	0,1	—0,020	—	—	0,15	—0,007
«Вариогон», $f' = 20 \div 600$	0,04	—0,025	0,02	—0,053	0,31	0,016	0,85	+0,034
ОЦТ $35 \times 13П$, $f' = 13 \div 460$	0,1	0,14	0,1	0,030	0,32	0,013	1,44	0,04
ОЦТ $10 \times 14П$, $f' = 14 \div 140$	0,03	0,016	0,06	—0,007	—	—	0,12	0,027

минимально возможных значений aberrаций путем рационального изменения выбранных параметров оптических элементов схемы на основании анализа хода реальных лучей в системе, заданные оптические характеристики которой обеспечены уже ее габаритным расчетом. Получение минимальных значений aberrаций системы определяет высокое расчетное качество изображения, которое на современном этапе зачастую достигает уровня дифракционного качества, т. е. предельных возможностей исправления системы.

Основным критерием качества оптического изображения является разрешающая способность системы. Теория дифракции показывает, что даже для идеального (безабберационного) объектива изображение точки имеет вид пятна, обладающего определенными размерами и распределением энергии в нем: пятно имеет центральный максимум освещенности (до 84 % энергии), которая постепенно снижается до нуля, образуя вокруг центрального максимума темное кольцо, затем концентрично к нему располагается светлое кольцо (7,2 % энергии) и т. д. Для оценки качества изображения рассматривают объект, состоящий из двух светящихся точек, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Наименьшее расстояние, начиная с которого изображения двух точек сливаются, называют *линейным пределом разрешения* δ . Часто в качестве меры разрешающей способности объектива принимают величину $N = 1/\delta$, определяющую число изображений простейших элементов (точек, полос), различаемых раздельно на отрезке изображения в 1 мм. За предел разрешающей способности согласно критерию Рэля принимается рас-

стояние между двумя точками, при котором центр одного пятна совпадает с серединой первого темного дифракционного кольца второго пятна (рис. 1.19). В этом случае $E_{\max} - E_{\min} = 26\%$ $E_{\max}$ и $E_{\min}/E_{\max} = 74\%$, т. е. разность освещенностей в двух рядом расположенных точках равна 26 %. Линейный предел разрешения

$$\delta = \frac{1,22\lambda}{D/f'}.$$

Для теоретического значения разрешающей способности при $\lambda = 556$ нм получим $N_1 = 1475/K$ мм⁻¹, где K — диафрагменное число объектива, равное отношению f' к D ; D — диаметр входного зрачка системы.

Для реальных объективов, обладающих остаточными aberrациями, в ряде случаев весьма значительными, распределение освещенности в изображении точки оказывается отличным от дифракционного — освещенность в центре пятна рассеяния существенно падает и основная часть энергии перераспределяется во внецентральные зоны фигуры рассеяния. Появляется ореол значительной интенсивности, что служит причиной снижения контраста оптического изображения. Эти факторы приводят к снижению разрешающей способности системы объектив — приемник, которая оказывается в несколько раз меньше теоретической.

При испытании фотографических и проекционных объективов различного назначения принято определять разрешающую способность, рассматривая визуально или фотографируя изображения не точек, а полос одинаковой ширины, разделенных такими же промежутками. Эти полосы, различно ориентированные, образуют тест-объект — миру, позволяющую определить разрешающую способность объектива в разных направлениях.

Для объективов, работающих совместно с пленкой, разрешающая способность оценивается вместе с фотографической эмульсией и называется *фотографической разрешающей способностью*. Разрешающая способность системы объектив — фотослой определяется формулой

$$1/N_2 = 1/N_{об} + 1/R_{сл},$$

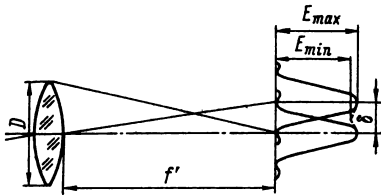


Рис. 1.19. Разрешающая способность оптической системы

где $R_{\text{ср}}$ — разрешающая способность фотослоя.

Разрешающая способность элементов ТВ-системы также определяется предельным числом различных черных и белых полос равной ширины, укладываемых на отрезке определенной длины. Но в отличие от фотографической оптики в телевидении разрешающую способность оценивают общим числом полос, укладываемых по высоте кадра. При высоте фотокатода h и числе строк развертки z ширина одной строки $\delta_{\text{стр}} = h/z$. Тогда разрешающая способность ТВ-системы $N_{\text{ТВ}}$ (предельное число черно-белых пар полос на 1 мм)

$$N_{\text{ТВ}} = z(1 - q)/2h,$$

где q — относительное время обратного хода кадровой развертки.

Разрешающая способность объектива ТВ-камеры должна быть достаточно высокой, чтобы не снижать общей разрешающей способности ТВ-системы. Практически установлено, что объективы не вносят заметного ухудшения в качество телевизионного изображения, если их фотографическая разрешающая способность $N_{\text{г}}$ в 1,5–2 раза выше предельной разрешающей способности ТВ-системы $N_{\text{ТВ}}$.

Критерий разрешающей способности, несмотря на свою широкую применяемость, неудобен по следующим причинам: 1) разрешающая способность зависит от контраста тест-объекта; 2) оценкой разрешающей способности трудно пользоваться для анализа оптических систем, работающих с разными приемниками изображения.

Функция, описывающая распределение освещенности в изображении точки или линии (функция рассеяния), является той характеристикой объектива, на основе которой могут быть установлены любые способы оценки качества оптического изображения. Для количественной оценки удобнее всего применять тест-объекты простейшей геометрической формы. Обычно таким предметом является мира или какая-либо другая штриховая решетка абсолютного контраста. Контраст изображения такой решетки

$$K' = (E_{\text{max}} - E_{\text{min}}) / (E_{\text{max}} + E_{\text{min}}).$$

Функция $T(N) = K'/K$, характеризующая отношение контраста изображения решетки K' к контрасту самой решетки K в зависимости от пространственной частоты N , называется частотно-контрастной характеристикой объектива (ЧКХ). Ее называют также коэффициентом или функцией передачи контраста (ФПК) или модуляции (ФПМ). На очень малых частотах изображений ЧКХ близка к единице, с увеличением частоты ЧКХ уменьшается и при некоторой предельной частоте обращается в нуль. Эта предельная частота определяет разрешающую силу объектива.

Как показали расчетные исследования, aberrации всех видов слабо влияют на контраст изображения как малых частот, так и частот, близких к предельным. Они оказывают существенное влияние на контраст при промежуточных частотах. Кроме того, на ЧКХ реальных объективов влияет ряд факторов, свя-

занных с технологией изготовления, сборки и фокусировки.

Неоднородности оптических стекол, погрешности обработки поверхностей, «паразитное» светорассеяние, погрешности центрировки поверхностей объективов при их сборке — все это вызывает дополнительное снижение ЧКХ объективов, а следовательно, качества оптического изображения. Качество телевизионного изображения определяется многими факторами: четкостью, линейностью строчной и кадровой разверток, геометрическими искажениями, шумами и т. д. Оптическая часть ТВ-системы влияет главным образом на четкость телевизионной картины. Результирующую ЧКХ системы можно рассматривать как произведение ЧКХ объектива, передающей трубки и электронной части ТВ-канала. Исследования показали, что хорошим объективом, практически не снижающим четкости телевизионного изображения, формируемого телевизионным «трактом», является объектив, обеспечивающий на граничных телевизионных частотах значение коэффициента передачи контраста не менее 0,75 как в центре, так и на краю изображения.

Контроль качества выпускаемых оптико-механических комплексов. При изготовлении оптико-механических комплексов для ЦТВ (объектив и цветоделительный блок) производят контроль технических характеристик системы в целом, а также отдельно объектива (с имитатором блока в виде проскоп параллельной пластины соответствующей толщины). Результаты измерений заносят в паспорт объектива наряду с перечнем комплектации, указаниями по эксплуатации и рядом других сведений. Пределы изменения фокусного расстояния объектива и его относительное отверстие указывают в паспорте в соответствии с ТУ на объектив. Проверке подлежат следующие параметры: 1) задний отрезок объектива, измеряемый на оптической скамье при минимальном фокусном расстоянии проверяемого объектива; 2) перемещение плоскости наилучшего изображения при изменении фокусного расстояния; 3) коэффициент передачи контраста (КПК) для заданной пространственной частоты в центре поля и на краю, соответствующем ширине кадра.

Измерение КПК объектива производят на специальной установке в области спектра, соответствующей зеленому каналу, для нескольких фокусных расстояний объектива (в зависимости от его кратности), при полном относительном отверстии. В аналогичных условиях осуществляют контроль КПК всего оптико-механического комплекса (для яркого — зеленого — канала). В каждом комплексе обязательно контролируют спектральное пропускание по каналам. Такие параметры, как коэффициент светорассеяния и падение освещенности, подлежат выборочной проверке.

Качество изображения в зависимости от aberrаций оптической системы и дефектов ее сборки. В процессе юстировки и сборки объектива качество изображения оценивается на оптической скамье по виду дифракционного изображения точки. Установка для наблюдения дифракционного изображения состоит из длин-

нофокусного коллиматора, в фокусе которого расположена точечная диафрагма, освещаемая лампой накаливания, и наблюдательного микроскопа, служащего для рассматривания изображения в фокальной плоскости проверяемого объектива.

Этот способ дает качественное представление о характере aberrаций и дефектах изготовления оптической системы.

Типичная картина изображения точки состоит из небольшого яркого, резко очерченного центрального ядра, окруженного двумя-тремя неяркими круглыми кольцами, яркость которых убывает довольно быстро. Наблюдение такого изображения позволяет судить о качестве объектива: овальность изображения точки свидетельствует об астигматизме, нарушение

симметрии в изображении обусловлено свиями и натяжениями в стекле, несимметричное расположение центрального ядра возникает вследствие ошибок центрировки. Окраска пятна и ее изменение при расфокусировке позволяют оценить хроматизм в объективе.

Кроме изображений осевой точки необходим контроль изображения точки вне оси. Изображение светящейся точки для внеосевых пучков различно для разных объективов и даже для разных фокусных расстояний одного и того же объектива и зависит от степени коррекции полевых aberrаций.

Сравнивая вид изображения внеосевой точки для положительного и отрицательного угла поля зрения, можно легко оценить степень децентрировки объектива.

Глава 2

ОПТИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ КАМЕРЫ КТ-132

Оптико-механические комплексы камер ЦТВ представляют собой сложные, точные, трудоемкие в изготовлении и сборке оптические приборы, требующие высокого технического уровня и культуры производства. Совершенствование этих точнейших оптико-механических приборов осуществляется с развитием телевидения, демонстрируя прямую зависимость повышения качества ЦТВ от состояния технической базы ТВ-аппаратуры.

2.1. Основные особенности оптико-механических комплексов

Оптические головки камеры III поколения на трех передающих трубках КТ-132 имеют более совершенный оптический комплекс ПП-82 по сравнению с комплексами ТВ-камер КТ-116М. В этот комплекс введены два новых узла: узел диапроектора для автономной настройки камеры и узел подсветки фотокатодов передающих трубок для снижения их инерционности. ТВ-камеры КТ-132 выпускаются промышленностью с разными оптическими головками.

В ТВ-камере располагается оптико-механический комплекс ПП-82, а на направляющих основаниях камер устанавливается на салазках оптическая головка с одним из следующих вариообъективов: «Радуга-М», «Сокол 20×29» или «Вариогон 2,1/20-600», которые крепятся снизу невыпадающим винтом. На вариообъективы установлены приводы системы управления компонентами объективов. На основании находится призмennyй блок с диапроектором. Литое основание из магниевго сплава марки МП-5 имеет ребро жесткости и четыре прилива. Оптическая головка закрывается легкосъемным кожухом, который крепится к вариообъективу. Системы управления механизмами перемещения компонентов вариообъективов оптических го-

ловков электромеханические, дистанционные представлены в гл. 5.

Сложность конструкторской разработки заключается в одновременном обеспечении легкости всех механизмов, бесшумности их работы и малой массы, а требование высокого качества изображения и соответственно постоянства положения плоскости изображения ведет к системе жестких допусков на изготовление и сборку оптических и механических элементов: точность изготовления оптических поверхностей — до одного кольца, толщин оптических элементов — до 0,01 мм, механических деталей (кулачков) — до 0,02 мм. Разработана и реализована методика установления допусков на значения конструктивных параметров элементов оптических систем и определены требования к оптическим материалам, обеспечившие серийность производства самых сложных оптических деталей и узлов комплексов. Разработаны и внедрены технология серийного производства призм сложной конфигурации с допусками на углы до 10'', технология и оборудование для склейки призмennyх блоков, обеспечившие точное пространственное взаимное положение рабочих поверхностей и их минимальные деформации, не превышающие десятых долей интерференционного кольца. Для высокого светопропускания применяются стекла с большой точностью оптических постоянных, при особой прозрачности в рабочей области спектра, а также ахроматические просветляющие покрытия с коэффициентом отражения в широкой области не более 0,8 %. Для качественной цветопередачи цветodelительная система должна быть с высокоэффективными спектрodelителями, обеспечивающими цветodelение на каналах с характеристиками, максимально приближенными к расчетным и сохраняющимися при серийном

производстве. Освоены новые тонкопленочные интерференционные покрытия элементов цветоделительного блока и линз объективов, от которого во многом зависит качество цветного изображения.

Основные технические характеристики оптико-механических комплексов ПП-82 приведены в табл. 2.1, где даны оптические параметры при определенных условиях.

1. Коэффициент передачи контраста измеряется на пространственной частоте 24 мм^{-1} в канале W в плоскости наилучшей установки, параллельной опорной плоскости фланца под стакан передающей трубки при наибольшем относительном отверстии вариообъектива для фокусных расстояний ($f' = 22, 120, 227$ для объектива «Радуга-М» и $f' = 29, 290, 585 \text{ мм}$ «Сокол 20×29»). Коэффициент передачи модуляции для ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29» при $f' = 585 \text{ мм}$ должен быть не менее 0,4 в центре поля.

2. Коэффициент светорассеяния в каналах измеряется в центральной зоне поля при наибольшем относительном отверстии, установке дистанции на бесконечность и фокусных расстояний: $f' = 22 \text{ мм}$ для вариообъектива «Радуга-М»; $f' = 29 \text{ мм}$ для вариообъектива «Сокол 20×29».

Линейное поле зрения, определяемое размерами полезной площади ТВ-трубки, для всех комплексов камеры КТ-132 составляет 21,4 мм при кадре размерами 12,6×16,8 мм.

2.2. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М»

Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» предназначен для студийных (в основном) и вне-студийных передач в целях одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях трех передающих трубок-плюмбиконов камеры и предусмотрен для работы при температуре окружающего воздуха от -30 до 50°C , относительной влажности до 95 % при температуре 30°C и при наклонах камеры $\pm 35^\circ$

Таблица 2.1

Основные технические характеристики оптико-механических комплексов

Комплекс	Кратность изме- рения фокусного расстояния	Фокусное рас- стояние, мм	Относительное отверстие	Увеличение (кратность)	Изменение дис- танции фокус- ировки, м	Спектральное про- пускание, %, не менее			Коэффициент передачи конт- раста при часто- те 24 мм ⁻¹ в ка-	Коэффициент свето- рассеяния, %, не более			Табаритные раз- меры с пленкой, мм	Масса, кг
						Каналы				Каналы				
						B	W	R		B	W	R		
ПП-82 с объ- ективом «Ра- дуга-М»	10	22—227	1:2,2	1,5—2	От 1,9 до ∞ (с наса- дочной лин- зой от 1 до 2,5)	34	44	48	В центре по- ля 0,5, на краю поля 0,2	3,5			270×379× ×724	24
ПП-82 с объ- ективом «Со- кол 20×29»	20	29,5—585,6	От 1:2,1 до 1:4	—	От 3 до ∞ (с наса- дочной лин- зой от 1,5 до 3)	32	43	48	В центре по- ля 0,5, на краю поля 0,15	4,5	3	3	275×390× ×1127	28,35
ПП-82 с объ- ективом «Ва- риогон 2,1/20-600»	30	20—600	1:2,1 при f'=20÷ ÷200; мм от 1:2,1 до 1:6,3 при f'=200÷ ÷600 мм	—	От 0,85 до ∞ (с наса- дочной лин- зой от 0,42 до 0,85)	30	47	54	В центре по- ля 0,31, на краю поля 0,16	5,2			300×395× ×800	25,6

В комплект поставки комплекса ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» входят:

Вариообъектив «Радуга-М» на салазках	1
Блок призмный с диапроектором на основании	1
Бленда съемная с насадочной линзой	1
Брызгозащитная пластина в оправе	1
Насадка в футляре:	
1,5 ×	1
2 ×	1
Рамка съемная	1
Крышка вариообъектива (передняя и задняя)	2
Комплект ЗИП	1
Лампа ОП4-4-2	10
Техническое описание и инструкция по эксплуатации комплекса	1
Паспорт комплекса	1
» вариообъектива	1

Технические данные комплекса ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» приведены в табл. 2.1.

Оптическая схема призмного блока. Комплекс состоит из 22-линзового вариообъектива 1 (рис. 2.1) и призмного цветоделительного блока 8, разделяющего световой пучок на три канала: зеленый W , красный R и синий B . За объективом, перед призмным блоком, помещаются сменные светофильтры: цветокорректирующие 2, светопоглощающие и поляроидные 3. Призмный цветоделительный блок включает три призмные сборки, состоящие из призм 14 и 15, 6 и 7, 9 и 13, а также из вспомогательной пластины 4 и призмы 5. Внутренние

поверхности первой пары склеенных призм (в плоскости склейки) имеют нейтральное частично отражающее покрытие для введения в призмный блок светового пучка от диапроектора и системы подсветки. Внутренние поверхности двух других пар склеенных призм имеют цветоделительные покрытия, благодаря чему и осуществляется цветоделение на три цветных канала. Цветоделительное покрытие на склеиваемых гранях призм 6 и 7 отражает свет в диапазоне длин волн от 400 до 510 нм, образуя световой поток синего канала B , а на склеиваемых гранях призм 9 и 13 — в диапазоне длин волн от 470 до 620 нм, образуя световой поток зеленого канала W . Красный канал R образуется из прямо прошедших лучей в диапазоне длин волн от 540 до 680 нм.

Между тремя парами склеенных призм имеются два малых воздушных промежутка для того, чтобы при повторном отражении светового пучка происходило полное внутреннее отражение. В каждом из каналов перед планшайбой плюмбикона 10 (планшайба является элементом передающей трубки) расположены компенсирующие светофильтры, состоящие из пластины цветного стекла 12 и прозрачной компенсирующей пластины 11. Цветная пластина служит для корректировки цветоделения каналов, компенсирующая пластина — для компенсации разности оптического хода. Пластина 4, выполненная из черного стек-

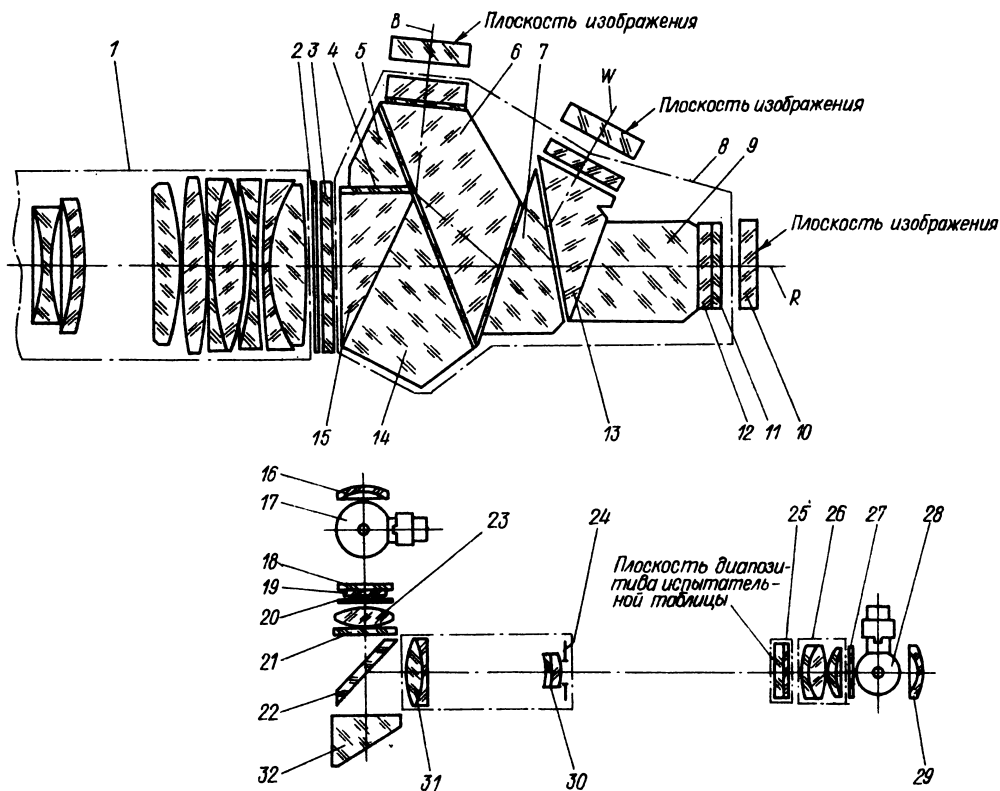


Рис. 2.1. Оптическая схема призмного блока ПП-82

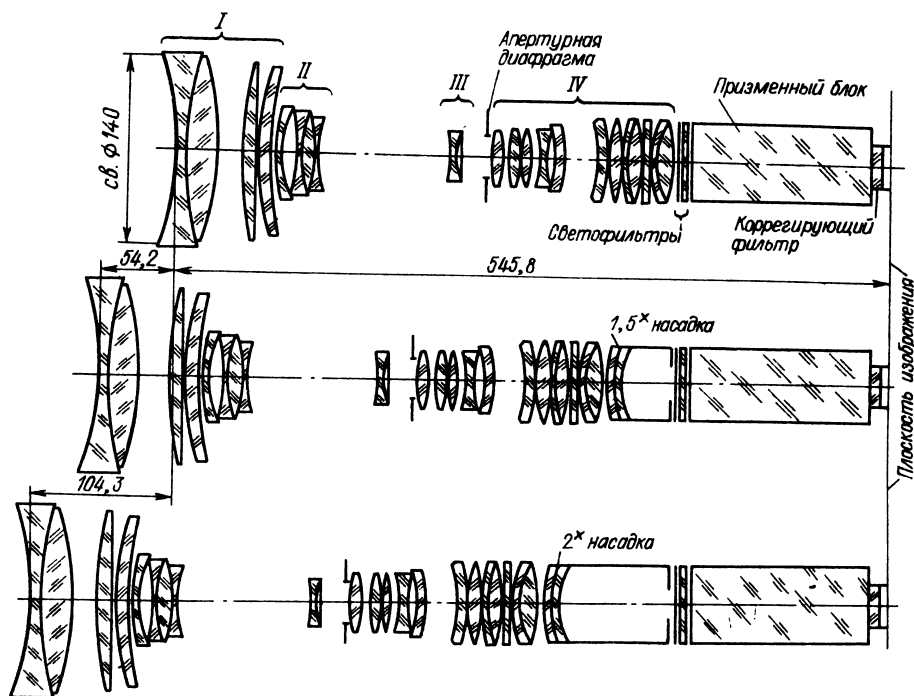


Рис. 2.2. Оптическая схема вариообъектива «Радуга-М»

ла марки УФС2, предназначена для поглощения света, прошедшего от диапроектора через частично отражающее покрытие на плоскости склейки призм 14 и 15. Вспомогательная призма 5 служит для защиты грани призмы 6 от механических повреждений и является средством для герметизации воздушного промежутка.

Оптическая система диапроектора включает источник света 28 с рефлектором 29, конденсор 26, матированное рассеивающее стекло 27, предусмотренное для улучшения равномерности освещения, тест-таблицу 25, диафрагму 24 и четырехлинзовый проекционный объектив, состоящий из двух пар склеенных линз 30, 31 и изображающий тест-таблицу в плоскости фотокатодов передающих трубок. Изображение тест-таблицы вводится в призмный блок с помощью наклонной полупрозражающей пластины 22 и прямоугольной призмы 32.

Тест-таблица содержит элементы рисунка, необходимые для автоматического совмещения изображений трех каналов электрическими средствами.

Система подсветки состоит из источника света 17 с рефлектором 16, светофильтра 18, содержащего два секторных фильтра из красного и синего стекла, обеспечивающие заданные спектральные характеристики светового пучка, круглой диафрагмы 19 малого диаметра, матированного стекла 20, положительной линзы 23, матового стекла 21, служащих для увеличения размера зрачка и уменьшения бликов. Подсветка необходима для снижения инерционности передающих трубок камеры.

Оптическая схема вариообъектива «Радуга-М». Оптическая схема вариообъектива включает четыре компонента (рис. 2.2). Компонент I состоит из четырех линз: двухсклеенного мениска и двух отдельных линз, которые жестко связаны между собой и могут перемещаться вдоль оси для фокусировки вариообъектива на конечные расстояния. Компонент II четырехлинзовый, состоит из отрицательного мениска и трехсклеенной линзы. Компоненты II и III отрицательные, подвижные, предназначены для обеспечения кратности вариообъектива и неподвижности положения плоскости изображения при всех фокусных расстояниях. Компонент IV — неподвижный, представляет собой 12-линзовый объектив.

Для сохранения постоянства относительного отверстия при изменении фокусного расстояния вариообъектива апертурная диафрагма расположена после переменной части оптической схемы, перед неподвижным компонентом IV. За вариообъективом располагается призмный блок цветоделительной системы, изображенный на рис. 2.2 условно, в виде плоскопараллельной пластины, перед которой помещаются сменные светофильтры. Для крупномасштабной передачи изображения малых объектов перед вариообъективом может быть установлена передняя насадочная линза с фокусным расстоянием 2275 мм. При насадочной линзе и полном использовании перемещения линз внутренней фокусировки компонента I (1,9 м по шкале дистанций) возможна передача изображения объектов, расположенных на расстоянии 1 м от первой линзы.

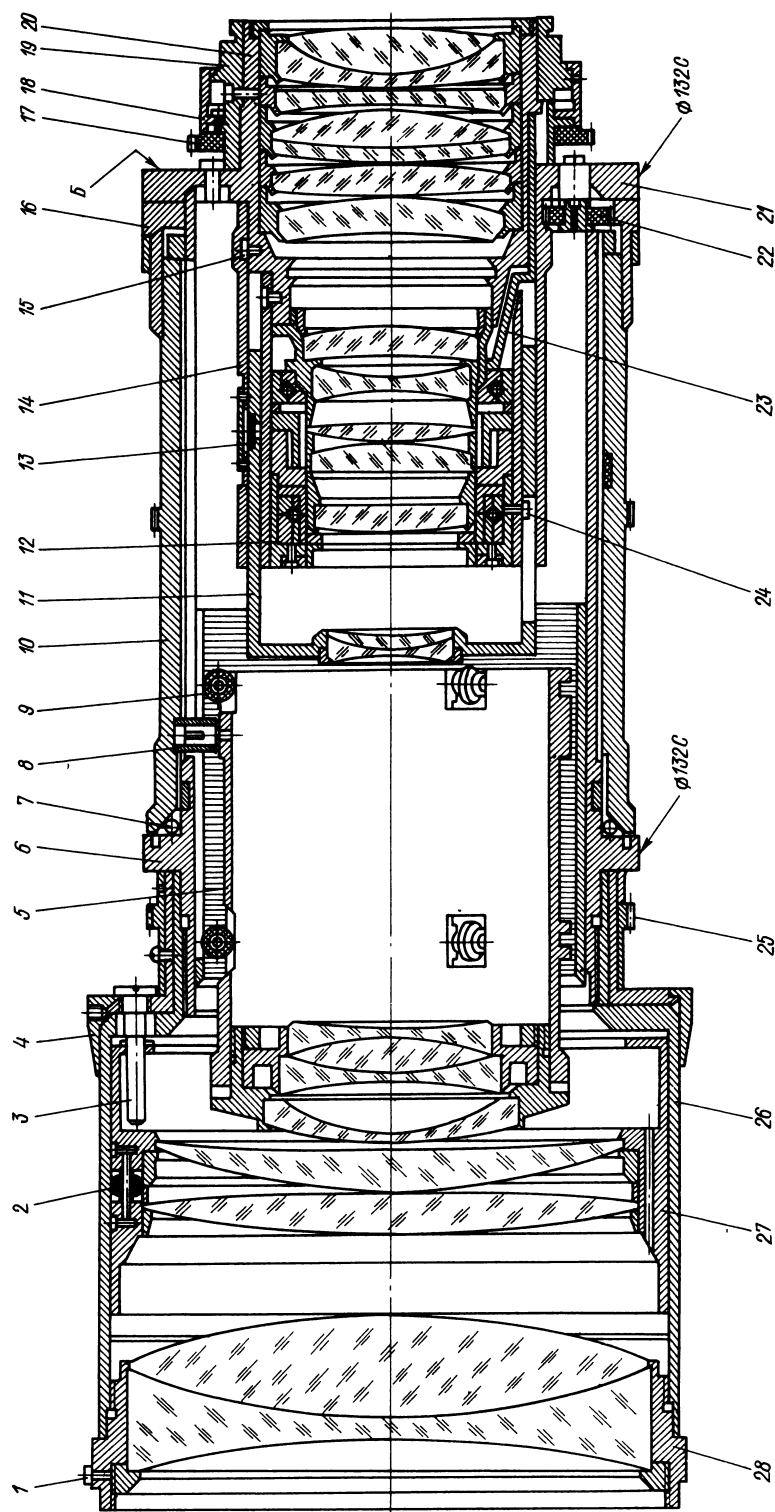


Рис. 2.3. Конструкция вариобъектива «Радуга-М»

Вариообъектив «Радуга-М» снабжен двумя насадками кратности (экстендерами), которые помещаются между вариообъективом и призмным блоком и увеличивают фокусное расстояние вариообъектива соответственно в 1,5 и 2 раза. В случае применения насадок кратности вариообъектив «Радуга-М» выдвигается на салазках относительно призмного блока вперед на 54,2 и 104,3 мм соответственно. Относительное отверстие вариообъектива 1:2,2 при надетых насадках снижается соответственно до 1:3,3 и 1:1,4. Линейное поле изображения вариообъектива 12,6×16,8 мм.

Конструкция вариообъектива. Компонент I вариообъектива устанавливается в двух оправах: двухскленный мениск — в неподвижной оправе 28 (рис. 2.3), две остальные линзы — в оправе 27, снабженной тремя роликами 2, расположенными по окружности оправы под углом 120° и развернутыми своими осями под углом подъема винтовой линии канавок на оправе 26, в которые они входят и по которым могут катиться, перемещая всю оправу с линзами внутренней фокусировки. Обе оправы компонента I помещаются в общей оправе 26, на которой находится шестерня 25. С помощью последней производится изменение дистанции. Шестерня связана с подвижной оправой компонента I с помощью поводка 3. При повороте шестерни от упора до упора на 112° осуществляется полное перемещение линз внутренней фокусировки, при этом дистанция съемки вариообъектива меняется от ∞ до 1,85 м. С шестерней связана шкала дистанций 4. Для крепления бленды на переднем конце вариообъектива предусмотрены три специальных винта 1, расположенные под углом 120° друг к другу.

Компонент II устанавливается в каретке 5, которая может перемещаться поступательно в корпусе 6 на шести роликах 9 (по три ролика под углом 120° друг к другу). Ведущим элементом компонента II является винтовой паз с постоянным шагом, нарезанный в детали 10, в который входит ведущий палец 8, закрепленный в каретке 5. Для предотвращения поворота каретки вокруг оси при ее поступательном перемещении в корпусе 6 имеется сквозной шпоночный паз, сквозь который проходит ведущий палец 8, служащий шпонкой. Деталь 10 вращается на шариковых опорах 7, расположенных по ее торцам.

Компонент III закреплен в оправе 11, на которой нарезан винтовой паз с переменным шагом. Оправа выполняет роль пространственного кулачка и может перемещаться вдоль оси только поступательно, так как в ней предусмотрен шпоночный паз, куда входит винт 24, являющийся шпонкой. Поводок 13 (в виде ролика), закрепленный на шестерне 14 и входящий в паз кулачка, может поворачиваться вокруг оси шестерни без поступательного перемещения, так как шестерня лежит своим кольцевым пазом на неподвижном полукольце 15. Шестерня 14 через две паразитные шестерни 22 получает вращение от шестерни 16 (с внутренним зацеплением), жестко связанной с деталью 10. Шестерни 22 расположены на противоположных концах одного диаметра на фланце корпуса 21.

Таким образом, перемещение компонентов II и III осуществляется вращением одного элемента управления — детали 10, снабженной шестерней с наружным зацеплением, поворачивающейся от упора до упора (на угол 270°). На корпусе шестерни 16 нанесена шкала фокусных расстояний.

Компонент IV помещается в оправе 20. Часть линз его центрируется в оправах методом автоколлимации. Ирисовая диафрагма 12 состоит из корпуса, коронки с десятью лепестками, служит для изменения относительного отверстия объектива. Управление диафрагмой осуществляется от прямоугольной шестерни 17 через поводок 23 с промежуточной шариковой опорой. Шкала относительных отверстий 18 жестко связана с шестерней 17, рабочий угол которой составляет 103°37'. Диафрагма снабжена устройством, позволяющим иметь запас хода по 6° с каждой стороны сверх крайних значений относительных отверстий. Шкала изменения относительных отверстий линейна от угла поворота. Корпус 6 и фланец корпуса 21 имеют пояски диаметром 132 и торцы Б, являющиеся базовыми поверхностями для крепления вариообъектива в стакане каретки оптического механического комплекса.

Насадки кратности 1,5 и 2× могут устанавливаться на резьбе в хвостовой части вариообъектива с опорой на торцы детали 19.

Габаритные размеры вариообъектива: диаметр 170 мм; длина 380 мм; масса 8,9 кг; масса вариообъектива на салазках 12 кг.

Насадки кратности. Вариообъектив «Радуга-М» снабжен двумя оптическими насадками, увеличивающими его фокусное расстояние в 1,5 и 2 раза: с насадкой кратности 1,5× фокусное расстояние изменяется от 33 до 320 мм; с насадкой кратности 2× — от 45 до 454 мм. Насадка представляет собой отрицательную двухскленную линзу 1 (рис. 2.4), завальцованную в оправу 2. При работе вариообъектива

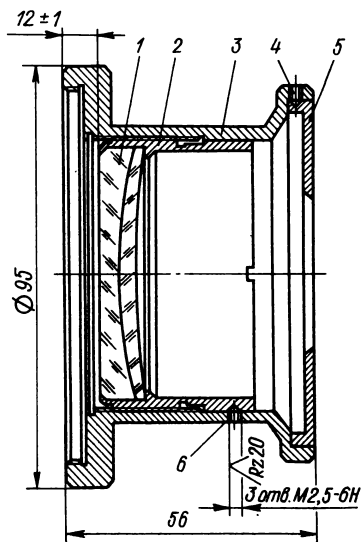


Рис. 2.4. Конструкция насадки кратности

с насадкой кратности оправа 2 с линзой может перемещаться по резьбе внутри корпуса 3 для обеспечения положения плоскости изображения на заданном расстоянии. В отъюстированном положении оправа фиксируется стопорным винтом 6. В корпусе 3 помещается прямоугольная диафрагма 5. Для правильной ориентации этой диафрагмы относительно сторон кадра она может быть соответствующим образом развернута и вновь закреплена тремя стопорными винтами 4. При завернутой до упора на фланце насадке диафрагма должна длинной стороной быть направлена вертикально.

На корпусе насадок выгравированы значения их кратности: на короткой насадке $1,5\times$, а на длинной — $2\times$. Для хранения каждой насадки имеется футляр с навинчивающейся крышкой. При использовании насадок кратности в целях предотвращения появления вторичных изображений и бликов на резьбу переднего среза вариообъектива надевается имеющаяся в комплекте прямоугольная рамка, ориентируемая длинной стороной вертикально.

Бленда. Бленда служит для предохранения линз вариообъектива от посторонних засветок яркими объектами, находящимися за пределами его поля зрения. Она крепится на вариообъективе с помощью байонетного кольца 3 (рис. 2.5). Бленда может быть развернута на объективе, для чего необходимо отвернуть винты 9, повернуть бленду в рабочее положение и завернуть винты 9. Кольцо 2 является посадочным; на нем же закреплена собственно бленда 1, выполненная из пластмассы, на внутренней поверхности которой нанесено рифление. В верхней части пластмассового корпуса на опорах 10 находится ось 12, на которой закреплена направляющая рамка 5.

Насадочная линза 4, закрепленная в оправе 6, служит для уменьшения минимальной дистанции съемки от 1,9 до 1 м. Она вставлена в направляющую рамку, где удерживается защелкой 11. Включение и выключение линзы достигается поворотом подпружиненной рукоятки 13, которая может закрепляться фиксаторами 14 в двух положениях. Вместо насадочной линзы в направляющую рамку может помещаться брызгозащитная плоскопараллельная пластинка 8 в оправе 7, предназначенная для защиты поверхности передней линзы вариообъектива от дождевых капель, пыли, снега и т. д. в случае внестудийных передач при плохой погоде.

Призмennyй блок. Цветоделительный призмennyй блок (рис. 2.6) представляет собой соединение трех призмennyх сборок — трех пар призм 21 и 22; 19 и 20; 17 и 18 и вспомогательных элементов 10, 12, наклеенных на металлическую пластину 2. Между сборками выдержаны воздушные промежутки шириной от 5 до 20 мкм с помощью черной рамки, напыленной в вакууме на одну из граней. Черная рамка является одновременно диафрагмой, ограничивающей попадание внутрь призмennyго блока посторонних засветок и бликов. На выходе каждого канала на грань призмы наклеен корригирующий светофильтр, состоящий из одного или двух цветных стекол 16 и прозрачной компенсирющей пластины 15.

Призмennyй блок заключен в металлический корпус 13. Корпус крепится к пластине 2 тремя винтами 1 и фиксируется штифтами. Сверху корпус закрыт крышкой 6. На оси 3, укрепленной на верхнем срезе крышки, помещаются два диска 4 и 5, на которых расположены цветокорректирующие светофильтры, а на диске 4 находятся два пленочных фильтра для приведения цветовой температуры 5000 и 9000 К к температуре 3200 К и два свободных отверстия. На диске 5 размещены непрозрачная заслонка, прозрачная пластина и нейтральные светофильтры с коэффициентами пропускания $30\pm 1\%$ и $10\pm 1\%$. На корпусе 13 укреплены фланцы 14, снабженные центрирующим пояском диаметром 56Д и опорной плоскостью (для крепления передающих трубок). Фланцы укреплены на корпусе тремя винтами 7 и заштифованы. В четвертое отверстие каждого фланца ввернут стержень-ловитель 8. На каждом фланце награвировано обозначение каналов: В, W, R.

На передней стенке корпуса призмennyго блока внизу помещается упор 9, предохраняющий диски со светофильтрами от повреждений при установке и подвижке вариообъектива с насадкой. На нижней поверхности пластины 2 имеются два круглых отверстия, расположенные вдоль главной оси призмennyго блока и служащие для его фиксации на стержнях на основании камеры. На входе призмennyго блока установлена диафрагма 11, препятствующая попаданию внутрь блока рассеянного света. Для защиты от пыли вокруг входного отверстия со стороны диапроектора помещена кольцевая поролоновая прокладка, укрепленная во втулке (на рисунке не показана).

Диапроектор. Диапроектор (рис. 2.7) служит для проецирования изображения тест-таблицы 31 на фотокатоды трех передающих трубок камеры и состоит из узла 16 вариообъектива диапроектора, узла 20 тест-таблицы с конденсором 30 и источником света 21. Диапроектор крепится на кронштейне 13, где установлены призма 11 в оправе 12, полупрозрачная пластина 9 на планке 10 и узел подсветки с источником света 2. Кронштейн крепится к боковой стенке корпуса призмennyго блока и штифтуется в отъюстированном положении.

Регулировка положения объектива и тест-таблицы вдоль оптической оси в целях обеспечения резкого изображения тест-таблицы с заданными размерами в плоскости изображения каналов производится с помощью колец 17. Регулировка светового потока диапроектора осуществляется с помощью ирисовой диафрагмы 32, которая управляется кольцом 14 и стопорится гайкой 15. Тест-таблица 31 установлена в оправе 19. Ориентирование тест-таблицы в диапроекторе по углу поворота вокруг оси производится винтом 18, входящим в паз оправы тест-таблицы.

Источники света 2, 21 расположены в патронах 28, 36, которые крепятся в корпусах 29, 35 с помощью винта 26 и гайки 37 соответственно. Патрон 28 можно поворачивать и перемещать относительно оси лампы кольцом 27.

Для замены лампы в узле диапроектора необходимо отвернуть винт 26, вынуть патрон,

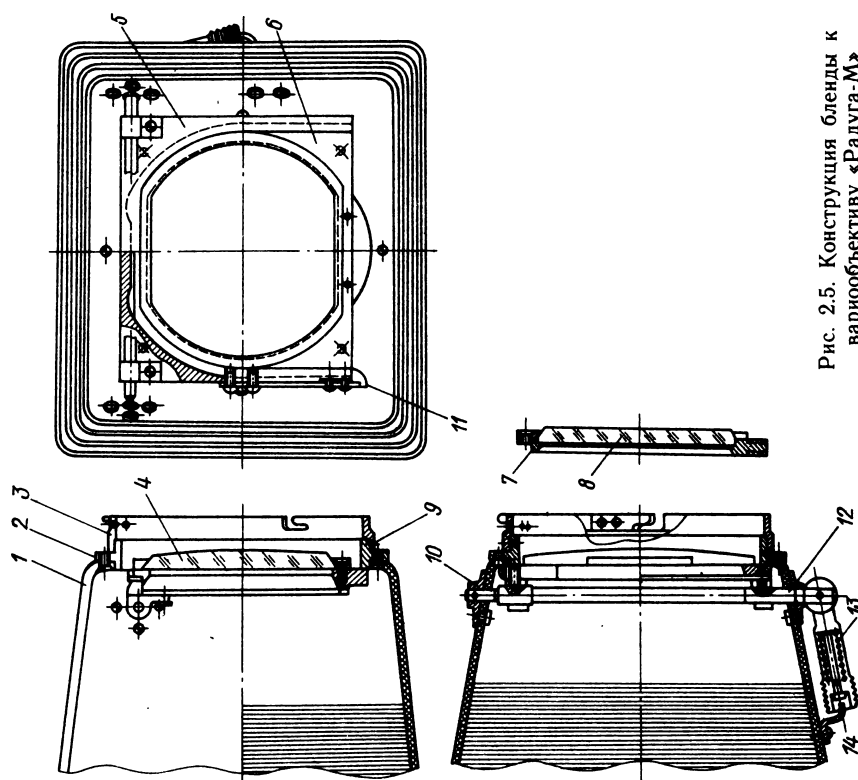


Рис. 2.5. Конструкция бленды к вариообъективу «Радуга-М»

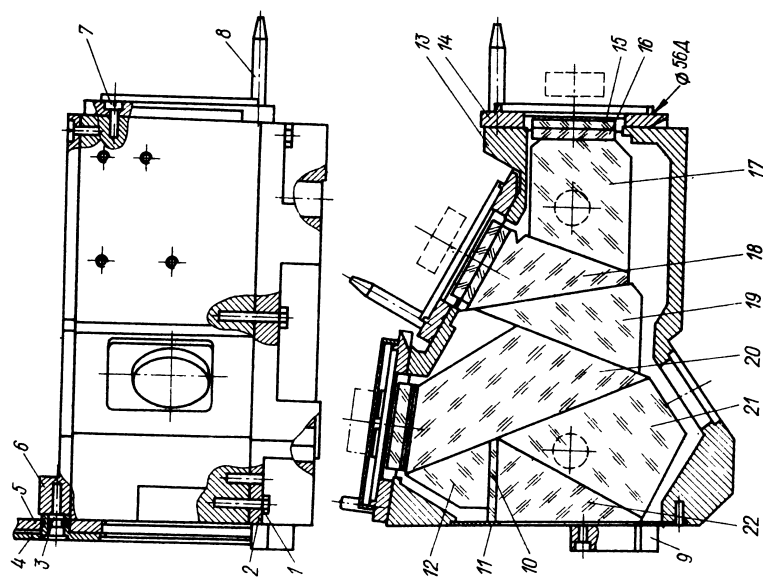


Рис. 2.6. Конструкция призмного блока

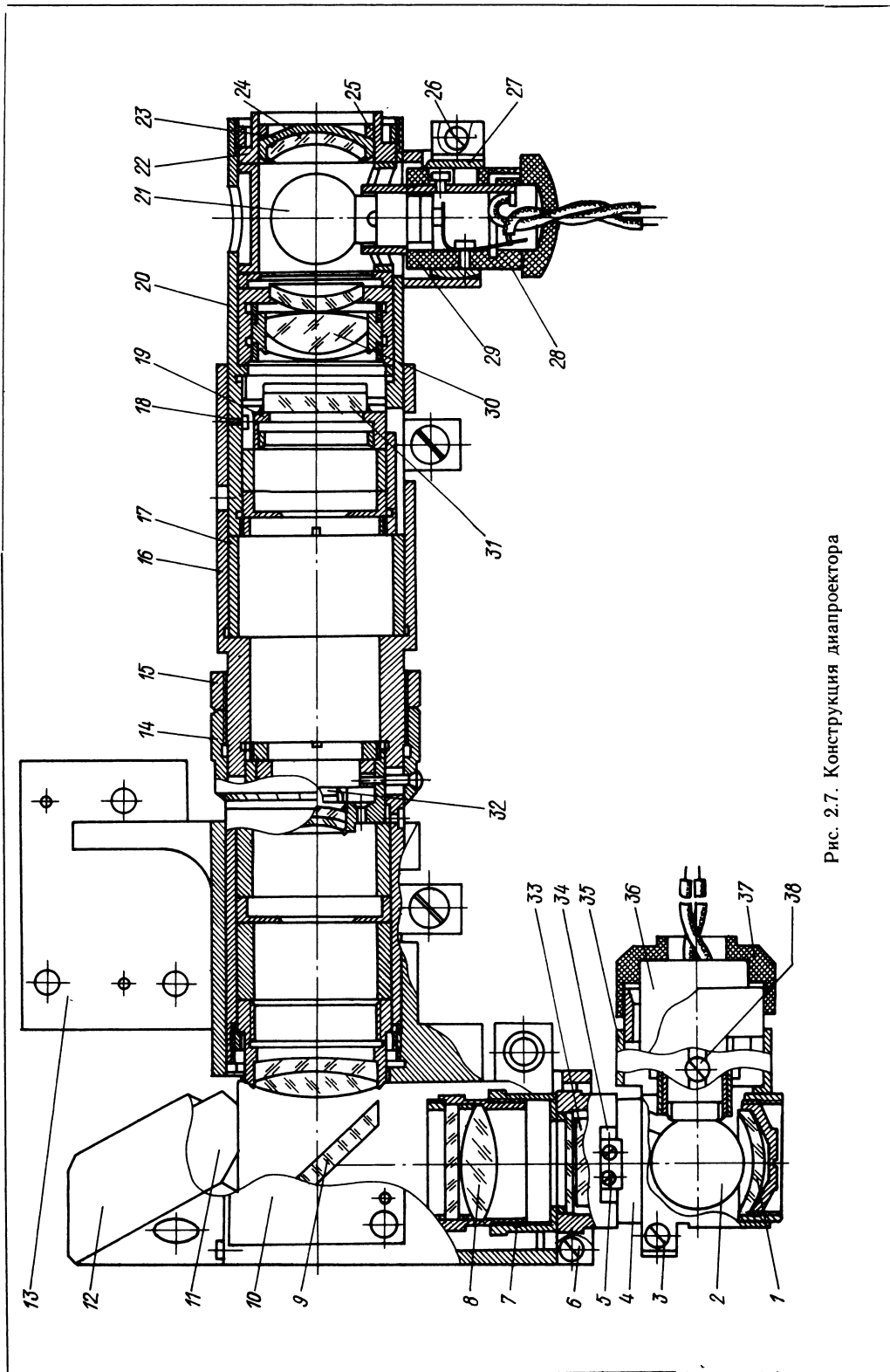


Рис. 2.7. Конструкция диапроектора

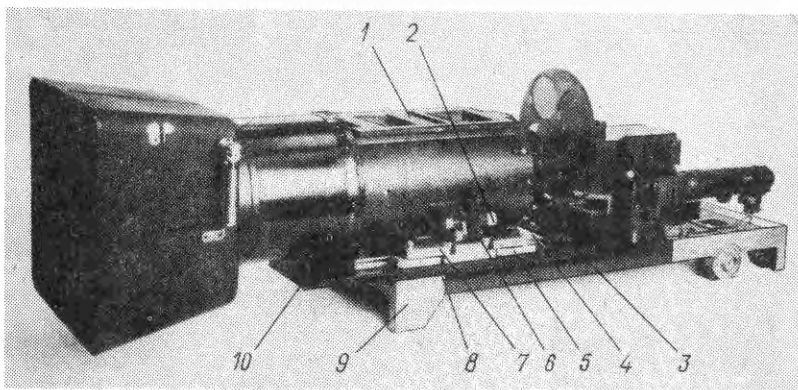


Рис. 2.8. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» в сборе

заменить лампу, поместить патрон в корпус 29 и, перемещая патрон вдоль оси лампы и покачивая его, получить нужные значения уровня и равномерность освещенности; затем завернуть винт 26. Рефлектор 24 в оправе 23 крепится в корпусе 22 резьбовым кольцом 25.

Изменение уровня освещенности может быть осуществлено путем перемещения рефлектора 24 вдоль оптической оси. Для этого необходимо отвернуть резьбовое кольцо 25 и повернуть оправу 23 с рефлектором. Новое положение рефлектора вновь зафиксировать кольцом 25. Патрон 36 можно перемещать относительно рефлектора 1, используя винты 3, 38. В корпусе 4 узла подсветки за светофильтрами 33 установлены две шторки, управляемые винтами 5, 34, оправу 7 с линзой 8 и матовым стеклом для уменьшения бликов. Перемещая шторки, можно менять площадь красного и синего фильтров в зоне светового диаметра, т. е. изменять интенсивность световых пучков в каналах В и R (на рисунке не показаны). С помощью хомутка 6 узел подсветки можно перемещать относительно кронштейна 13.

Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» в сборе. Вариообъектив «Радуга-М» помещается в стакане 1 (рис. 2.8), установленном на каретке 4, которая может перемещаться поступательно вдоль оси в четырех шариковых подшипниках 5 относительно салазок 10. Салазки с вариообъективом перемещаются по основанию 9 камеры по направляющим пластинам 8 до упора 3 и закрепляются винтом, расположенным снизу (на рисунке не показан). Каретка с вариообъективом может занимать на салазках относительно призменного блока три положения. Фиксация каретки в этих положениях осуществляется с помощью фиксатора 6, укрепленного на стакане 1, и планки 7 с пазами, укрепленной на салазках 10.

При работе вариообъектива без насадок рычаг фиксатора 6 входит в паз планки на отметке «1[^]». При работе вариообъектива с насадками рычаг вводится в пазы планки на отметках «1,5[×]» и «2[×]». При заданных положениях вариообъектива изображение предмета, находящегося на том расстоянии, на ко-

торое установлена шкала дистанций, при любом фокусном расстоянии будет находиться в плоскости, отстоящей от опорных поверхностей на расстоянии $13,3 \pm 0,1$ мм. Взаимное положение фиксатора и планки выставляется при совмещенных индексах на подвижном и неподвижном кронштейнах фиксатора.

Сборка узла производится при нормальной температуре 20 ± 10 °С. В случае температурных колебаний в процессе эксплуатации блока вариообъектива первоначальная юстировка положения плоскости изображения может нарушаться. Для этого случая предусмотрена точная подфокусировка изображения, осуществляемая винтовым механизмом от маховичка 2.

Эксплуатация комплекса. Оптико-механический блок и вариообъектив требуют бережного отношения. Недопустимы удары и касания, которые могут нанести механические повреждения оптических и механических поверхностей комплекса. При установке салазок с оптической головкой на основание камеры нужно аккуратно направить салазки вдоль направляющих пластин, слегка приподняв передний край салазок, заранее далеко продвинув их до упора, затем опустить передний край салазок до конца. При этом втулка с ловителем должны совместиться, разъемы оптической головки и ТВ-камеры должны состыковаться, после чего следует завернуть нижний винт, который крепит салазки на основание камеры. Операцию закрепления винтом следует выполнять тщательно, иначе при наклонах камеры салазки с вариообъективом могут выпасть из ее основания.

Правильная установка вариообъектива на салазках относительно призменного блока определяется тем, что при расположении рычага фиксатора 6 (рис. 2.8) в пазу планки 7 на отметке «1[×]» изображение бесконечно удаленного объекта (знак ∞ шкалы дистанций совмещен с риской) в каждом канале при любом фокусном расстоянии находится на расстоянии $13,3 \pm 0,1$ мм (с учетом планшайбы передающей трубки) от поверхности фланца канала. Правильную юстировку вариообъектива гарантирует предприятие-изготовитель.

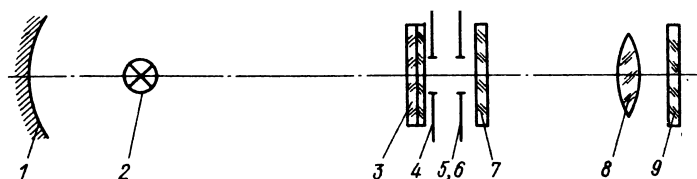


Рис. 2.9. Оптическая схема узла подсветки

В случае применения насадок кратности необходимо выполнить следующие операции: снять кожух оптической головки; вывести рычаг фиксатора 6 из паза планки 7; отодвинуть каретку с вариообъективом от призмennого блока; навернуть на конец вариообъектива насадку до упора; передвинуть каретку в сторону блока в положение, при котором рычаг фиксатора войдет в паз планки на отметке, соответствующей кратности насадки. В этом положении плоскость изображения в каналах совпадает с плоскостью изображения при работе вариообъектива без насадки.

При больших температурных перепадах плоскость изображения в каналах может сместиться от первоначального положения. В этом случае подфокусировка изображения может быть произведена вращением маховичка 2.

Устройство узла подсветки и методика его настройки в камере КТ-132. Узел подсветки (рис. 2.9) содержит источник света 2 с рефлектором 1; светофильтр 3, включающий две склеенных пластины красного и синего стекла, обеспечивающих заданные спектральные характеристики светового пучка; круглую диафрагму 4; диафрагму, состоящую из шторок 5, 6, регулирующих уровень сигнала в каналах *R* и *B*; матовое стекло 7; положительную линзу 8, служащую для увеличения размера зрачка и уменьшения бликов; матовое стекло 9.

Конструктивно узел подсветки (рис. 2.10) состоит из корпуса 1, фланца 5, втулки 2, кольца 3, корпуса 12 и патрона 6. Узел подсветки устанавливается в корпусе диапроектора камеры КТ-132 с помощью кольца 3 винтом 4. В корпусе 1 закреплены линзы и матовое стекло. Корпус 1 крепится к втулке 2 и с помощью резьбового соединения — к корпусу 12. В последнем установлены рефлектор, фильтры, диафрагмы и матовое стекло. Кольцо 3 крепится к корпусу 12 с помощью шаровой опоры и винта 13. Винты 10, 11 предназначены для фиксирования и покачивания шторок в горизонтальной плоскости. Фланец 5 крепится к корпусу 12 винтом 9. Патрон с лампочкой может перемещаться вдоль горизонтальной оси и фиксируется относительно рефлектора винтом 7.

Для проведения настройки или ремонта узла подсветки в камере КТ-132 необходимо иметь техническое описание комплекса ПП-82 и отвертки. Ниже приведена последовательность выполнения настройки.

1. Ослабить винт 13 и повернуть узел подсветки в вертикальной плоскости против часовой стрелки.

2. Отвернуть заглушку, крепящую патрон с лампой в подсветке.

3. Вынуть патрон с лампой.

4. Заменить лампу (при необходимости).

5. Вставить патрон с лампой в подсветку так, чтобы красная риска на патроне находилась на одной линии со щелью хомута 8 со стороны наблюдателя.

6. Завернуть заглушку до упора, придерживая патрон.

7. Настроить камеру при выключенной подсветке:

7.1) провести автоматический баланс «черного»;

7.2) проверить и при необходимости отрегулировать диафрагму уровней в канале *W* и баланс «белого» с выключенной γ , коррекцией на ТВ-камере;

7.3) закрыть заслонку;

7.4) убедиться в правильности баланса «черного» и установить общий уровень «черного» 40—50 мВ.

8. Включить подсветку.

9. Установить шторки в положение, соответствующее максимальному сигналу, для чего необходимо слегка ослабить винты 10 и 11, сведя их к оси *O—O*.

10. Установить равномерность освещенности, для чего следует ослабить винт 13 и, покачивая корпус подсветки относительно корпуса камеры вокруг оси *Y*, добиться оптимальной равномерности освещенности по строке, а затем проделав то же самое вокруг оси *X*, добиться оптимальной освещенности по кадру. Затянуть винт 13. При регулировке винт 13 слегка отжать, чтобы подсветка легко покачи-

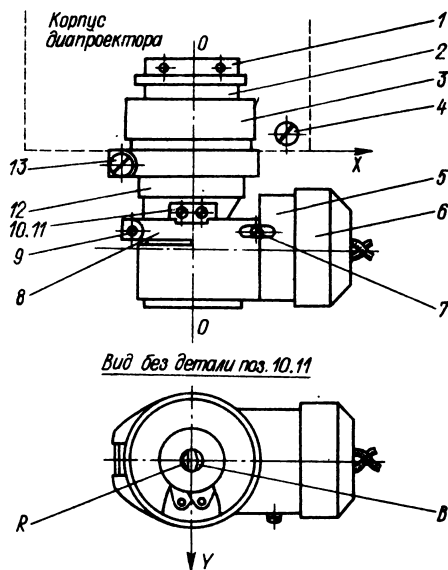


Рис. 2.10. Конструкция узла подсветки

валась при усилии, а без усилия сохраняла свое положение за счет трения. Подсветка должна быть вставлена в посадочное гнездо до упора вверх.

11. Измерить уровни сигналов в каналах R и B от уровня сигнала канала W

12. Если сигналы в каналах R и B составляют соответственно 30—40 и 60—80 мВ, то осторожной подвижкой винтов 10 и 11 в горизонтальной плоскости относительно оси $O-O$ установить сигналы в канале R — 30 мВ, а в канале B — 60 мВ.

13. Если сигналы превышают значения, указанные в п. 12, то необходимо ослабить винт 7 и выставить требуемое соотношение сигналов в каналах R и B ($R/B=0,5$) перемещением фланца 5 в горизонтальном направлении; ослабить винт 9 и подвижкой в вертикальном направлении выставить уровни сигналов в канале R 30—40 мВ, а в канале B 60—80 мВ. Затянуть винт 9.

В случае установки нового узла или при значительном отклонении подсветки от оптимального положения юстировку проводить в следующем порядке: установить фланец 5 в среднее положение, контролируя по положению винта 7 относительно боровидного отверстия; слегка поджать винт 7; осторожно отпустить хомут 8 до упора вниз, после чего слегка поджать винт 9; добиться требуемого соотношения сигналов $R/B=0,5$ при максимальных уровнях сигналов в каналах R и B горизонтальной подвижкой фланца 5; уменьшить сигналы в обоих каналах подвижкой хомута 8 вертикально вверх до получения сигналов в канале R 30—40 мВ, в канале B 60—80 мВ.

14. При необходимости отрегулировать равномерность освещенности, повторив операции п. 10, и уровни освещенности, повторив операции п. 12.

Уход за вариообъективом и призмным блоком. Следует предохранять вариообъектив и призмный блок от попадания пыли, ударов, тряски и механических повреждений. С оптическими деталями блока и вариообъектива следует обращаться чрезвычайно осторожно. Нельзя касаться оптических поверхностей пальцами или твердыми предметами. При необходимости защиты передней линзы вариообъектива от брызг в бленду следует устанавливать пластину в оправе. При хранении торцы вариообъектива и выходы каналов блока нужно закрыть крышками. Насадки кратности в фут-

лярах и блендах должны храниться в укладочном ящике. Пыль и ворсинки с наружных оптических поверхностей (при необходимости) удалять сухой, чистой беличьей кисточкой, предварительно обезжиренной в эфире или ацетоне. Пыль или следы пальцев удалять ватным тампоном, накрученным на деревянную палочку и смоченным спиртом либо смесью, состоящей из 15 % спирта и 85 % эфира. При чистке нельзя сильно нажимать тампоном на оптическую поверхность. Чистка такой поверхности должна производиться частями и каждый раз новым тампоном. Не допускается затекание жидкости под оправу оптических деталей. Не разрешается разбирать объектив, насадки, призмный блок и диапроектор.

2.3. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29»

В комплект поставки оптико-механического комплекса ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29» входят:

Вариообъектив «Сокол 20×29» на салазках	1
Блок призмный с диапроектором на основании	1
Бленда съемная	1
Насадочная линза	1
Комплект ЗИП	1
Лампа ОП4-4-2	10
Техническое описание и инструкция по эксплуатации комплекса	1
Паспорт комплекса	1
» вариообъектива	1

Примечание. Бленда с насадочной линзой входит в комплект по требованию заказчика.

Технические данные комплекса ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29» приведены в табл. 2.1.

Оптическая схема. Оптическая схема призмного блока состоит из 18-линзового объектива и цветоделительного призмного блока, который является таким же, как в оптическом комплексе ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М» (см. п. 2.2).

Оптическая схема вариообъектива «Сокол 20×29». Оптическая схема вариообъектива (рис. 2.11) содержит четыре компонента, из которых три первых являются отрицательной системой переменного фокусного расстояния, изменяющегося от —36,7 до —734 мм, а компонент IV — объектив постоянного фокусного

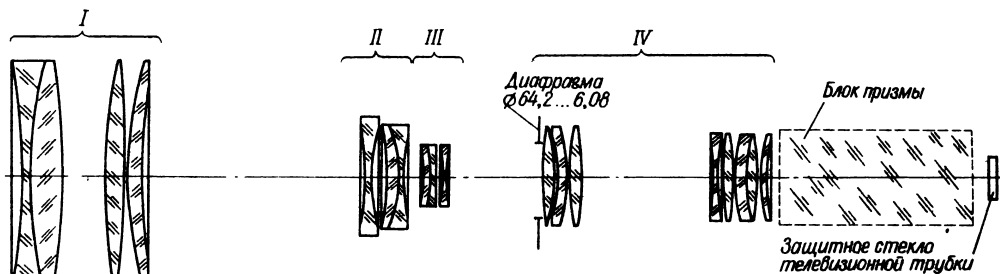


Рис. 2.11. Оптическая схема вариообъектива «Сокол 20×29»

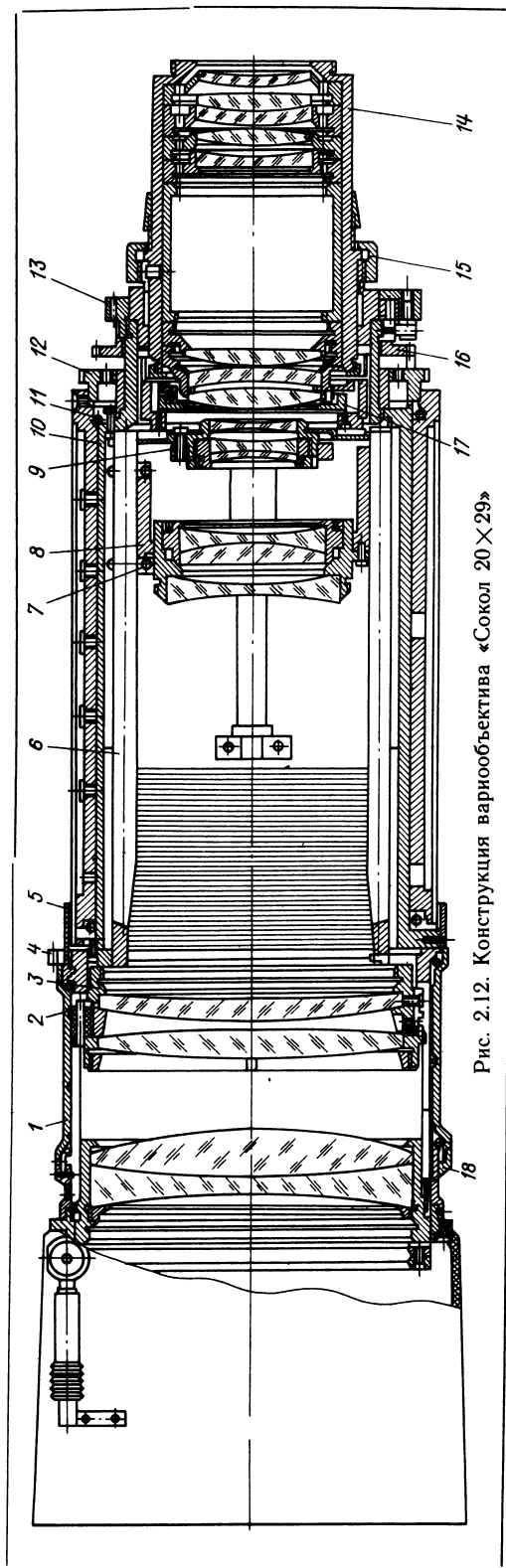


Рис. 2.12. Конструкция вариообъектива «Сокол 20x29»

расстояния. В целом объектив — это хорошо скорректированный анастигмат с переменным фокусным расстоянием.

Компонент *I* состоит из четырех линз: двухсклеенного мениска и двух отдельных линз, жестко связанных между собой и совместно перемещающихся вдоль оси в целях фокусировки вариообъектива на конечные расстояния.

Компонент *II* трехлинзовый, состоит из двояковогнутой и двухсклеенной линзы. В целом компонент имеет отрицательную оптическую силу и перемещается на значительное расстояние вдоль оси по нелинейному закону. Компонент *III* имеет сравнительно малый ход перемещения по нелинейному закону. Подвижные компоненты *II* и *III* предназначены для получения необходимой кратности объектива.

Компонент *IV* представляет собой сложный восьмилинзовый объектив, перед которым помещена апертурная диафрагма.

Максимальное относительное отверстие вариообъектива при изменении фокусного расстояния от 29,5 до 290 мм меняется от 1:2,1 до 1:2,2; свыше 290 мм линейно падает до 1:4 вследствие срезания части апертурного пучка оправами линз компонента *III*.

Конструкция вариообъектива. Компонент *I* вариообъектива собирается в отдельном корпусе *1* (рис. 2.12), внутри которого на трех роликах *2* из сополимера СФД перемещается оправа *3* с третьей и четвертой линзами, обеспечивая внутреннюю фокусировку вариообъектива. Оправа *3* с линзами перемещается при повороте зубчатого колеса изменения дистанции *4*; отсчет снимается по шкале дистанций *18*.

Компоненты *II* и *III*, каждый в своей оправе, перемещаются по цилиндрическим направляющим *6* в основном корпусе *10* с помощью кареток *8*, *9* при повороте зубчатого колеса *12*, жестко связанного с кулачком *11*. Кулачок имеет два паза, профиль которых соответствует закону перемещения компонентов. В пазы входят ролики *7*, закрепленные на каретках. Фокусное расстояние устанавливается по шкале фокусных расстояний, которая нанесена на наружном кожухе вариообъектива относительно риски, закрепленной на корпусе.

Изменение диафрагмы производится с помощью зубчатого колеса *16*, связанного поводком с коронкой диафрагмы *17*, которая вращается на шариковом насыпном подшипнике. Диафрагма ирисовая, пропорциональная, снабжена устройством, позволяющим иметь запас хода шестерни на 6° с каждой стороны сверх указанных углов поворота в рабочем диапазоне.

Компонент *IV* — неподвижный объектив с постоянным фокусным расстоянием — установлен в корпусе *14* и крепится с помощью накидной гайки *15*. Выступающая часть *5* корпуса вариообъектива служит для крепления редуктора, который передает вращение на зубчатое колесо *4*. Зубчатые колеса *12* и *16* получают вращение от редукторов, которые устанавливаются на втулке *13*.

Габаритные размеры вариообъектива без бленды: диаметр 206 мм, длина 617 мм, масса 18 кг.

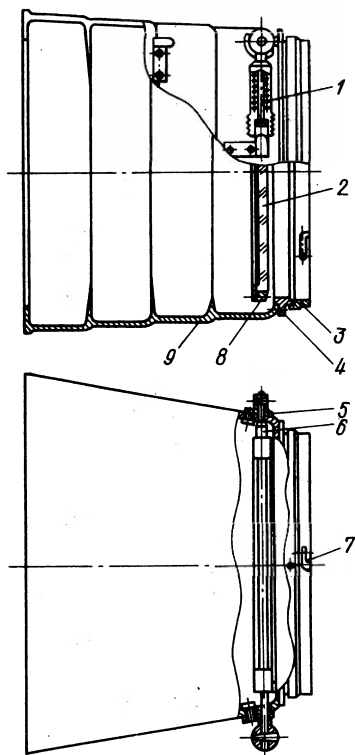


Рис. 2.13. Конструкция бленды к вариообъективу «Сокол 20×29»

Бленда. Бленда (рис. 2.13) служит для предохранения линз вариообъектива от посторонних засветок яркими объектами, находящимися за пределами поля зрения. Бленда крепится на вариообъективе с помощью байонетного кольца 3, которое может быть развернуто в нужное положение и закреплено винтами 7.

Кольцо 4 является посадочным, на нем закреплена собственно бленда 9, выполненная из пластмассы, на внутренней поверхности которой имеются ребра. В верхней части пласт-

массового корпуса бленды на опорах 5 закреплена ось 6, на которую с помощью кронштейнов надевается оправа 8 с насадочной линзой 2. Ввод и вывод линзы в ход и из хода лучей достигается поворотом подпружиненной рукоятки 1. Фокусировка с насадочной линзой от 3 до 1,5 м.

Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29» в сборе. Конструкция оптического комплекса в сборе показана на рис. 2.14. Вариообъектив 1 на подставке 7 жестко закреплен на салазках 8. Салазки с вариообъективом вдвигаются на основание 3 по направляющим пластинам 6, заводятся под планку 4, прижимающую салазки к направляющим пластинам, и доводятся до упора 5. Салазки с вариообъективом крепятся к основанию 3 с помощью винта, расположенного внизу (на рисунке не показан). Цветоделительный блок 2 с диапроектором, узлом подсветки и дисками светофильтров устанавливается на основание на два штифта и крепится к нему тремя винтами, расположенными внизу основания (на рисунке не показаны).

При установлении салазок с вариообъективом на упоре 5 плоскости изображения в каналах располагаются от опорных фланцев под стаканы передающих трубок (с учетом планшайбы передающей трубки) на расстоянии $13,3 \pm 0,1$ мм. Размер рабочего отрезка в каналах и юстировку объектива обеспечивает при сборке и юстировке оптического блока предприятие-изготовитель.

Уход за объективом и призмным блоком см. в п. 2.1.

2.4. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Вариогон 2,1/20-600»

Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Вариогон 2,1/20-600» оптической головки TV29.1 фирмы «Шнайдер» предназначен для работы в ЦТВ-камере КТ-132 для студийных и внестудийных передач в целях одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях трех передающих трубок камеры. Оптическая

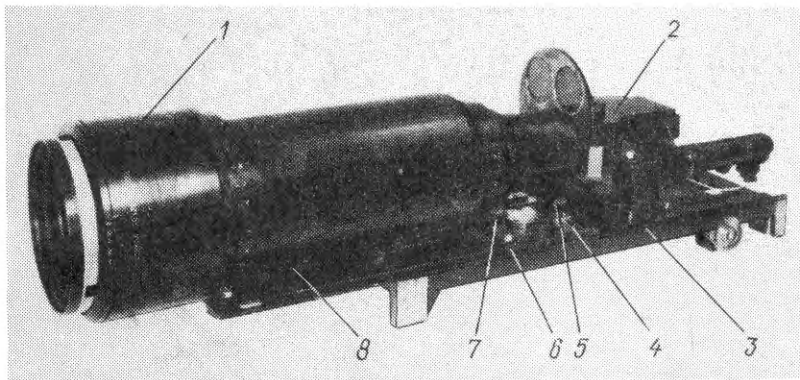


Рис. 2.14. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Сокол 20×29» в сборе

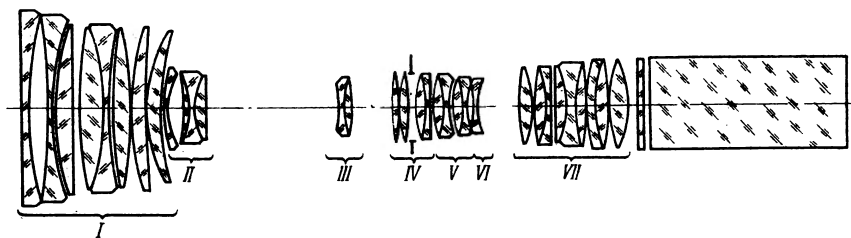


Рис. 2.15. Оптическая схема вариообъектива «Вариогон 2,1/20-600»

головка TV29.1 предусмотрена для работы при температуре от -20 до 50°C . В состав оптического комплекса входят вариообъектив «Вариогон 2,1/20-600» оптической головки TV29.1, призмный блок с диапроектором на основании и комплект ЗИП.

Оптическая схема оптико-механического комплекса ПП-82 состоит из вариообъектива I (см. рис. 2.1) и цветоделительного призмного блока 2. Устройство призмного блока и диапроектора см. в п. 2.2.

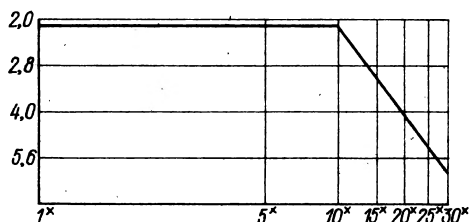


Рис. 2.16. График падения относительного отверстия вариообъектива при изменении фокусного расстояния

Оптическая схема вариообъектива «Вариогон 2,1/20-600» Оптическая схема вариообъектива (рис. 2.15) содержит семь компонентов, скомпонованных в две системы переменного увеличения, стоящих последовательно друг за другом.

Первая составляющая система состоит из трех компонентов и имеет 15-кратный пере-

пад увеличений. Компонент I состоит из восьми линз, из которых три первых линзы, составляющие элемент с отрицательной силой, имеют возможность одновременно перемещаться вдоль оптической оси в целях фокусировки вариообъектива на конечные расстояния. Остальные линзы этого компонента неподвижны. Компонент II, имеющий отрицательную силу, состоит из мениска и трехскленной линзы. Компонент II перемещается на значительное расстояние вдоль оси по нелинейному закону. Компонент III, состоящий из двухскленной отрицательной линзы, имеет сравнительно малое перемещение вдоль оси. Компонент IV представляет собой положительную четырехлинзовую систему, состоящую из двух отдельных и одной двухскленной линзы. Между линзами данного компонента расположена апертурная диафрагма.

Вторая система объектива имеет двукратный перепад увеличений. Компонент V, отрицательный, состоит из двухскленной линзы, незначительно перемещается вдоль оси и аналогичен по действию компоненту III. Компонент VI также отрицательный, состоит из двухскленной и простой линз, значительно перемещается вдоль оси и по действию аналогичен компоненту II.

Компонент VII, положительный, подвижный, представляет собой сложную девятилинзовую систему.

Относительное отверстие вариообъектива при изменении фокусного расстояния свыше $f' = 200$ мм линейно падает от 1:2,1 до 1:6,3 (рис. 2.16).

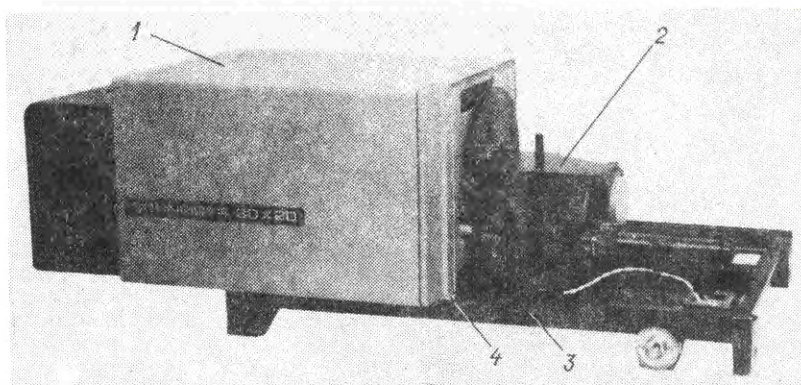


Рис. 2.17. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Вариогон 2,1/20-600» в сборе

Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Вариогон 2,1/20-600» в сборе. Оптико-механический комплекс в сборе показан на рис. 2.17. Оптическая головка 1 устанавливается по направляющим пластинам 4 на основание 3, являющееся основанием ТВ-камеры. При этом выступающая часть головки заходит под ограничительную планку (на рисунке не показана). Головка крепится к основанию винтом, расположенным внизу (на рисунке не показан). Узел 2 призмного блока с диапроектором, подсветкой и дисками светофильтров лежит на основании 3 на двух штифтах и крепится тремя винтами, расположенными снизу.

Эксплуатация и уход за вариообъективом и призмным блоком. Оптико-механический блок и оптическая головка требуют бережного отношения. Недопустимы удары и толчки, могущие нанести механические повреждения. При установке оптической головки на основание ка-

меры нужно аккуратно направить головку вдоль направляющих пластин до упора; при этом втулка с ловителем должны совместиться, после чего следует завернуть нижний винт, который крепит салазки на основание камеры. Операцию закрепления винтом следует выполнять очень тщательно, иначе при наклонах оптическая головка может выпасть из основания камеры.

Правильная установка оптической головки относительно призмного блока характеризуется тем, что изображение бесконечно удаленного объекта в каждом канале при фокусном расстоянии головки 140 мм (7*) находится на расстоянии $13,3 \pm 0,1$ мм (с учетом планшайбы передающей трубки) от поверхности фланца канала. Размер рабочего отрезка в каналах обеспечивает при сборке и юстировке оптического блока предприятие-изготовитель.

Уход за объективом и призмным блоком описан в п. 2.2.

Глава 3

ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОПТИЧЕСКИХ ГОЛОВОК ТВ-КАМЕР КТ-178 И КТ-190

В настоящее время во всем мире, в том числе и в Советском Союзе, интенсивно ведется разработка и внедрение в серию ТВ-аппаратуры так называемого IV поколения [9]. Характерным ее признаком является введение автоматизации большей части устройств и операций с помощью средств, основанных на применении цифровых методов обработки ТВ-сигналов [10]. Особое внимание уделяется созданию малогабаритной камеры, предназначенной для репортажных комплексов ТВ-аппаратуры. Отечественным представителем камер этого поколения является студийная камера КТ-178, отличающаяся высокой степенью автоматизации и поддержания параметров. Для оснащения этой камеры специально разработан и передан в серийное производство объектив цветного телевидения ОЦТ 35×13П с 35-кратным изменением фокусного расстояния — от 13 до 460 мм. В связи с переходом на передающие трубки меньшего диаметра в камере КТ-178 используется трубка диаметром 16 мм с размерами кадра $9,6 \times 12,8$ мм. Призмный цветоделительный блок претерпел конструктивные изменения по сравнению с призмным блоком камеры КТ-132 и имеет оптическую длину хода в стекле 72 мм вместо 147 мм у призмного блока оптико-механического комплекса ПП-82. Для условий работы студийной камеры КТ-178 разработан оптико-механический комплекс ОМК-2 со светосильным вариообъективом (1:1,7) ОЦТ 10×14П 10-крат-

ного изменения фокусного расстояния — от 14 до 140 мм, который может работать с экстендером и в режиме макросъемки.

Для репортажной камеры IV поколения КТ-190, использующей трубку диаметром 11 мм с размерами кадра $6,6 \times 8,8$ мм, разработан оптико-механический комплекс ОМК-4 с вариообъективом «Вариогон ЛОМО-201». Вариообъектив имеет 10-кратное изменение фокусного расстояния — от 10 до 100 мм, длина хода в призмном цветоделительном блоке составляет 41 мм.

3.1. Оптико-механический комплекс ОМК-1 с вариообъективом ОЦТ 35×13П камеры КТ-178

Оптико-механический комплекс ОМК-1 предназначен для работы в ЦТВ-камере КТ-178 для студийных и внестудийных передач в целях одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях трех передающих трубок камеры с форматом изображения $9,6 \times 12,8$ мм. Комплекс ОМК-1 в составе ТВ-камеры предусмотрен для работы как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе при температуре от -30 до 50°C . При относительной влажности воздуха 95 % (при температуре 30°C) работоспособность комплекса сохраняется в

течение 48 ч. Ниже приведены технические данные комплекса ОМК-1.

Пределы изменения фокусного расстояния вариообъектива, мм	От 13 до 460
Относительное отверстие вариообъектива при изменении фокусного расстояния:	
от 13 до 150 мм	1 : 1,7
» 150 » 230 мм линейно падает	До 1 2,6
» 230 » 460 мм » »	До 1 5,6
Пределы диафрагмирования вариообъектива	От 1 1,7 до 1 32
Пределы фокусировки (дистанция отсчитывается от первой оптической поверхности объектива), м	От 0,78 до ∞
Рабочий отрезок, мм	106 > 0,02
Линейное поле изображения, мм	16
Угол между осями каналов, °:	
зеленого и красного	75
синего » »	74
Габаритные размеры, мм	671 × 250 × 250
Масса, кг	Не более 21

В состав комплекса ОМК-1 входят вариообъектив ОЦТ 35×13П, призменный блок с диапроектором, комплект ЗИП.

Оптическая схема. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМК-1 включает оптические схемы вариообъектива 1 ОЦТ 35×13П с 35-кратным диапазоном изменения фокусного расстояния (рис. 3.1), призменного цветоделительного блока, разделяющего световой пучок на зеленый *W*, красный *R*, синий *B* каналы и диапроектора.

Между вариообъективом (рис. 3.1) и призменным цветоделительным блоком 6 вводятся нейтральные светофильтры и прозрачная пластина, цветокорректирующие светофильтры 10, 11, а также коммутирующая призма 19. Призменный цветоделительный блок состоит из призм 2, 9 и призменной сборки, состоящей из двух призм 7, 8. Внутренние поверхности призм 2, 8 имеют цветоделительные покрытия, благодаря чему и осуществляется разделение лучей на три канала: *W*, *R*, *B*.

Цветоделительное покрытие внутренней поверхности призмы 2 на границе соединения с призмой 8 отражает свет в диапазоне длин волн от 400 до 510 нм, образуя канал *B*. Цветоделительное покрытие внутренней поверхности призмы 8 отражает свет в диапазоне длин волн от 470 до 620 нм, образуя канал *W*. Канал *R* образуется из прямо прошедших лучей в диапазоне длин волн от 540 до 680 нм. Между призмами 2, 8 и 9 имеются два малых воздушных промежутка для того, чтобы при повторном отражении светового пучка происходило полное внутреннее отражение. На выходе каждого канала расположены коррекционные светофильтры 3 из цветного стекла, служащие для корректирования цветоделительных каналов. В каналах *B* и *R* за коррекционными светофильтрами установлены компенсирующие пластины 4 из бесцветного стекла для компенсации разности длины оптического хода. Пластина 5 служит для защиты комплекса от бликов.

Диапроектор состоит из источника света 16, молочного стекла 15, служащего для улучшения равномерности освещения, светофильтра 14, необходимого для обеспечения требуемого

уровня освещенности в каналах *B*, *W*, *R* комплекса, конденсора 13, тест-таблицы 12, призмы-ромба 17, преломляющей оптическую ось с целью уменьшить габаритные размеры диапроектора, объектива 18, изображающего тест-таблицу 12 в плоскости фотокатодов передающих трубок при введении коммутирующей призмы 19.

Оптическая схема вариообъектива ОЦТ 35×13П. Вариообъектив состоит из 29 линз — 7 компонентов (рис. 3.2). Изменение фокусного расстояния производится перемещением оптических компонентов двух панкратических систем.

Компоненты *I*, *II*, *III* составляют первую панкратическую систему с диапазоном изменения увеличений 17[×]. Компонент *IV*, неподвижный, переносит мнимые изображения первой панкратической системы в плоскость предмета второй панкратической системы, состоящей из подвижных компонентов *V* и *VI*. Компонент *VII* переносит изображение, даваемое шестью предыдущими компонентами, в плоскость приемников.

Компонент *I* состоит из двух частей: первая — отрицательная, трехлинзовая; вторая — положительная, пятилинзовая. При перемещении первой части компонента происходит изменение дистанции съемки объектива.

Компонент *II* состоит из отрицательного мениска и трехсклеенной линзы, компонент *III* — из отрицательной склеенной линзы. Компонент *IV*, пятилинзовый, состоит из трех положительных одиночных линз и склеенной линзы. Между склеенной и одиночной линзами расположена апертурная диафрагма. Компонент *V* однолинзовый, отрицательный. Компонент *VI* четырехлинзовый, состоит из двух отрицательных склеенных линз. Компонент *VII* содержит пять одиночных линз: четыре положительных и одну отрицательную.

Конструкция вариообъектива ОЦТ 35×13П. Конструкция вариообъектива ОЦТ 35×13П показана на рис. 3.3 и 3.4. Объектив, состоящий из семи компонентов, конструктивно разделен на четыре части: компонент *I* собирается в корпусе 1 (рис. 3.3), компоненты *II* и *III* — в корпусе 2, компонент *IV* — в корпусе 5, компоненты *V—VII* — в корпусе 8.

Компонент *I* состоит из восьми линз, первые три из которых перемещаются вдоль оптической оси, обеспечивая фокусировку вариообъектива на расстояние от 0,78 м до ∞, считая от первой поверхности объектива. Перемещение осуществляется на шариках по трем цилиндрическим направляющим вращением вала 7 механизма дистанционной наводки (рис. 3.4). Отсчет снимается по шкале дистанций (на рисунке не показана), нанесенной на корпусе объектива.

Изменение фокусного расстояния от 13 до 230 мм производится взаимным перемещением компонентов *I* и *II*, от 230 до 460 мм — перемещением компонентов *V* и *VI*. Перемещение производится на шарикоподшипниках по шести прямолинейным направляющим 4 (рис. 3.3), расположенным попарно под углом 120°. Для перемещения компонентов *II*, *III*, *V* и *VI* служит дифференциал 5 (рис. 3.4).

При вращении вала 6 (рис. 3.4) механизма масштабирования (в пределах изменения фокусного расстояния от 13 до 230 мм) движение передается на кулачок (рис. 3.3), который вызывает перемещение компонентов II и III. При дальнейшем увеличении фокусного расстояния кулачок 3 останавливается и вращение передается с помощью дифференциала на кулачок 7, который приводит к взаимному перемещению компонентов V и VI. Вращение кулачков 3 и 7 происходит в насыпных шарикоподшипниках, криволинейные пазы которых обеспечивают перемещение компонентов по заданному закону.

Шкалы фокусных расстояний вариообъектива (в миллиметрах) нанесены на деталях 1 и 2 (рис. 3.4). Выходные валы 6 и 7 имеют диаметр 6П мм. Полный угол поворота этих валов составляет 2700° (7,5 оборота).

Апертурная ирисовая диафрагма 6 (рис. 3.3) установлена между линзами компонента IV. Диаметр диафрагмы 6 изменяется при вращении зубчатого колеса 8 (рис. 3.4), передающего движение на коронку диафрагмы (на рисунке не показана). На зубчатом колесе 8 нанесена шкала относительных отверстий. Угол поворота зубчатого колеса, соответствующий изменению относительного отверстия вариообъектива от 1:1,7 до 1:32, составляет 227° . Полный угол поворота зубчатого колеса 237° (дополнительный ход $\pm 5^\circ$ с каждой стороны).

Вариообъектив закреплен на основании 9, на котором расположены две петли 3 и крючок 4 (рис. 3.4) для крепления к призмному цветоделительному блоку. Для предотвращения попу-

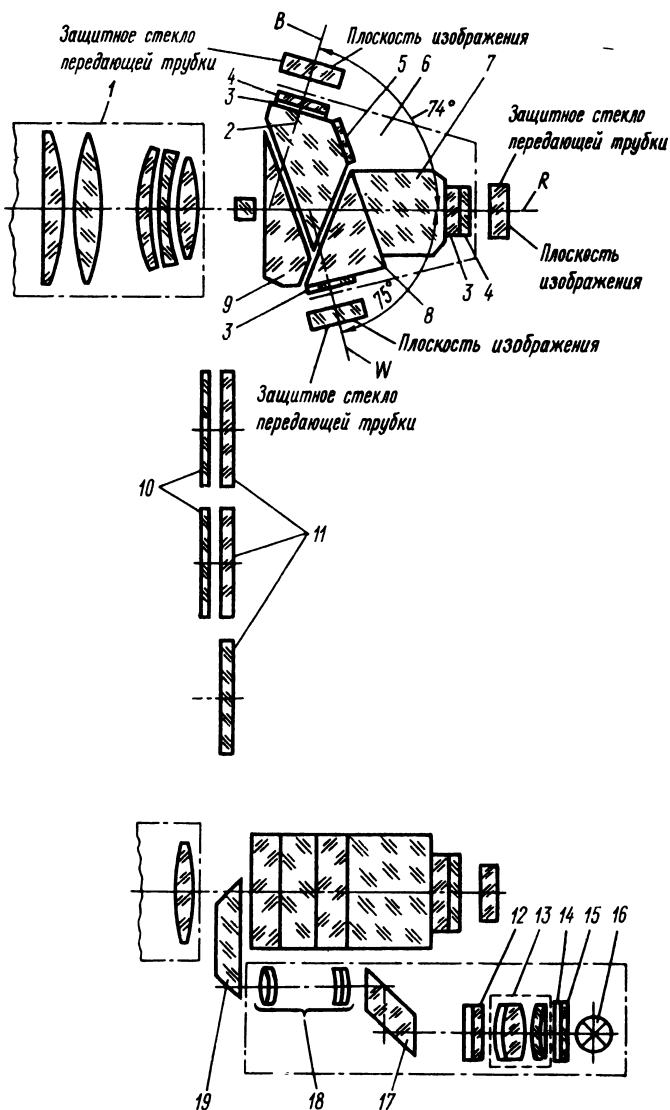


Рис. 3.1. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМК-1

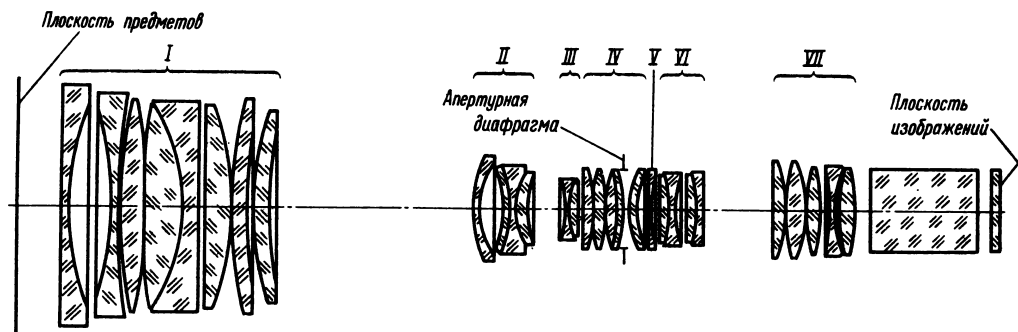


Рис. 3.2. Оптическая схема вариообъектива ОЦТ 35x13П

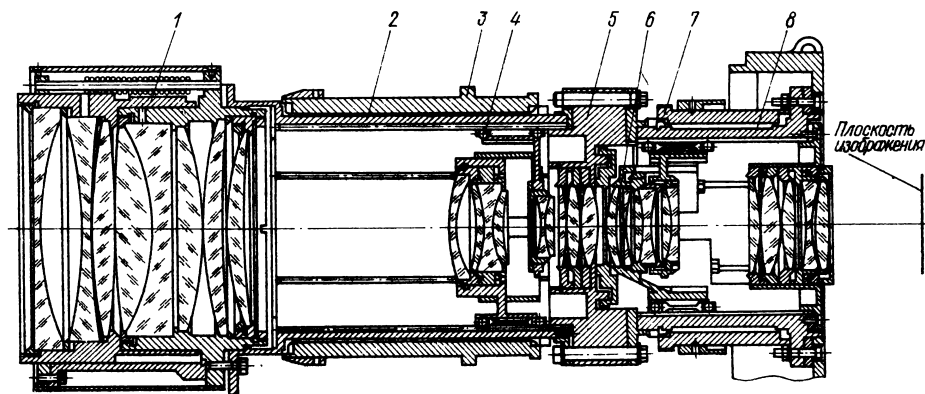


Рис. 3.3. Конструкция вариообъектива ОЦТ 35×13П

дания света на фронтальную линзу вариообъектива от источников света, находящихся за пределами его поля зрения, служит блenda (на рисунке не показана). Бленда крепится непосредственно к кожуху телевизионной камеры. Габаритные размеры вариообъектива следующие: диаметр 182 мм, длина 443 мм, масса 17,5 кг.

Конструкция призмного цветоделительного блока. Призмный цветоделительный блок на металлическом основании 9 (рис. 3.5) закреплен на детали 8, которая одновременно является крышкой, и установлен в корпусе 10. В корпусе перед призмным цветоделительным блоком находится зубчатый диск 1, на котором под углом 90° расположены два нейтральных светофильтра с коэффициентами пропускания 10 и 50 %, прозрачная пластина и коммутирующая призма в оправе 2, закрытая со стороны вариообъектива заслонкой 12. Для ввода в систему диапроектора необходимо зубчатый диск 1 повернуть до упора 13, после чего он фиксируется фиксатором 14. При этом одна из граней коммутирующей призмы оказывается на оптической оси диапроектора, а другая — на оптической оси призмного цветоделительного блока.

Перед призмным цветоделительным блоком расположен зубчатый диск 11, в котором под углом 120° расположены свободное отверстие и два пленочных цветокорректирующих светофильтра для преобразования энергии излучения источников света с цветовой температурой 5000 и 9000 К в излучение источника света с цветовой температурой 3200 К. Зубчатый диск 1 получает движение от привода дистанционного управления ТВ-камеры (на рисунке не показан), а диск 11 устанавливается вручную. Фланцы 18, имеющие внутренний посадочный диаметр 48Н7, предназначены для установки и крепления стаканов с передающими трубками. Призмный цветоделительный блок в корпусе крепится к плите 15, имеющей два крюка 17, которые служат для крепления вариообъектива. Крышка 16 закрывает призмный цветоделительный блок на время транспортировки. Диапроектор служит для проецирования изображения тест-таблицы на фотокатоды передающих трубок камеры. Конструкция узла диапроектора представляет собой соединение узла вариообъектива и узла тест-таблицы в корпусах 4 и 7.

Световой поток регулируется с помощью ирисовой диафрагмы 3. Ориентирование тест-

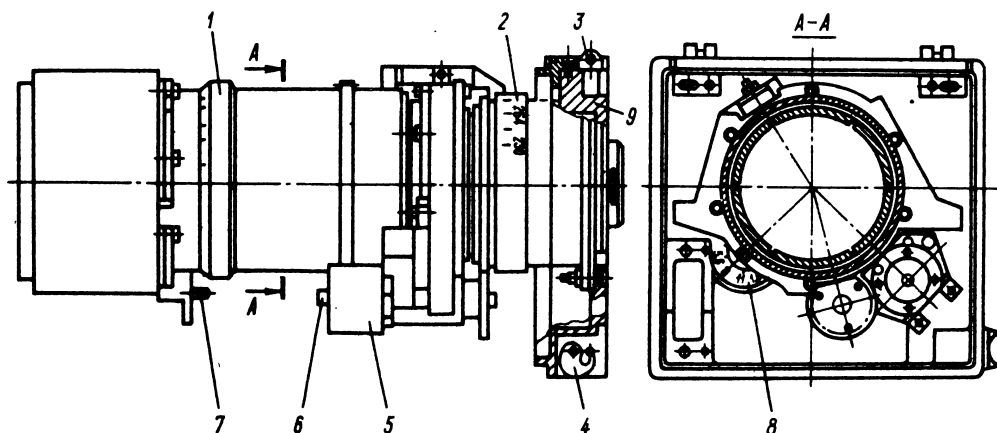


Рис. 3.4. Внешний вид вариообъектива ОЦТ 35×13П

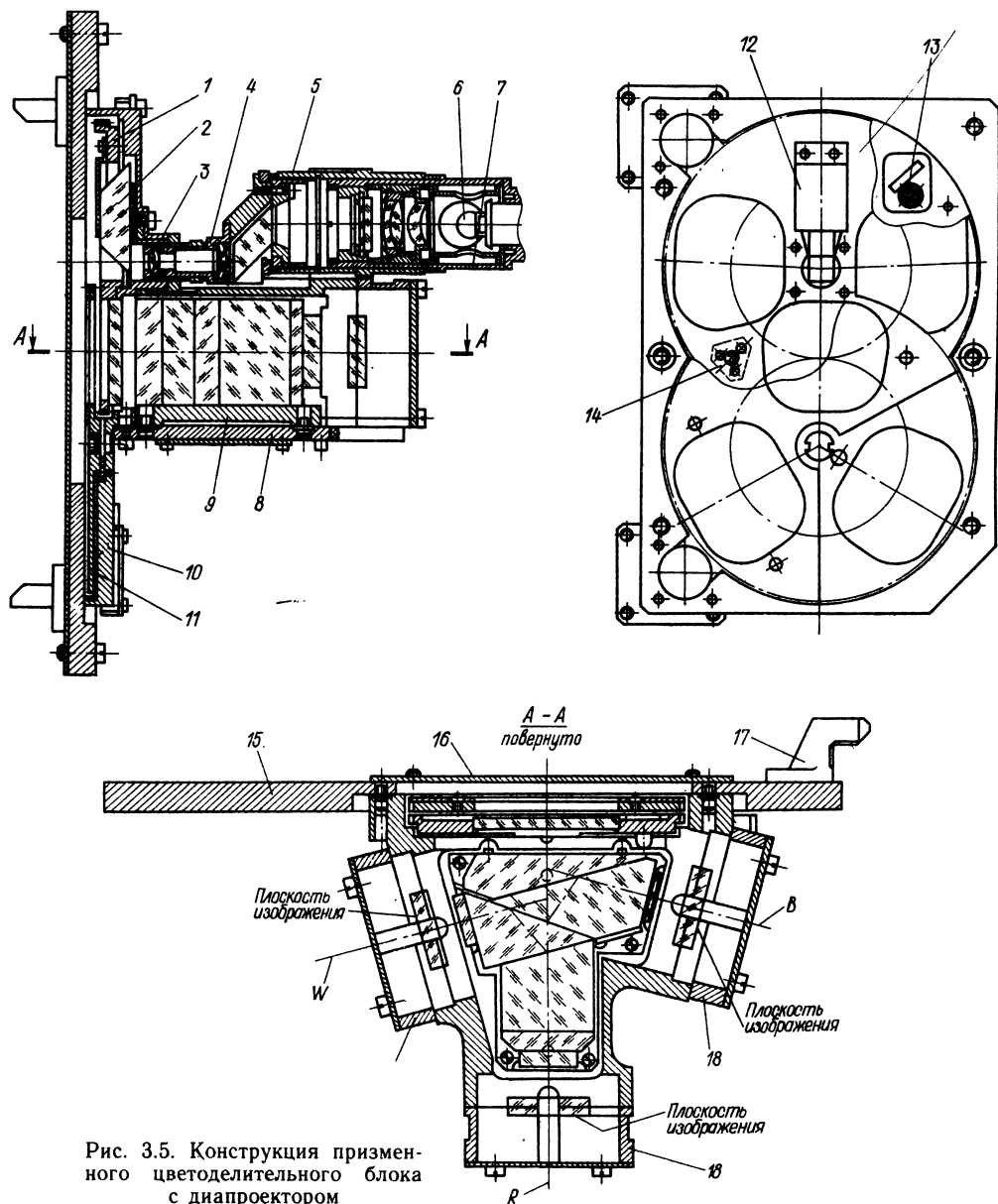


Рис. 3.5. Конструкция призмного цветодельного блока с диапроектором

таблицы по углу поворота вокруг оси осуществляется поворотом корпуса 7 тест-таблицы в корпусе узла 5 диапроектора.

Источник света диапроектора — лампа накаливания ОП 8-32 в патроне 6 — крепится в корпусе 7. Патрон с лампой можно перемещать вдоль оси, наклонять и вращать вокруг собственной оси.

Подготовка к работе. Вариообъектив 1 (рис. 3.6) следует устанавливать на плите 3 с помощью двух петель 2 и прикрепить к ней крючком 4. Правильная установка вариообъектива на плите относительно призмного блока характеризуется тем, что изображение бесконечно удаленного предмета (знак ∞ шкалы

дистанций совмещен с риской) в каждом канале при любом фокусном расстоянии находится на расстоянии $16,0 \pm 0,1$ мм (с учетом планшайбы передающей трубки) от поверхности фланца канала. Правильную юстировку объектива гарантирует предприятие-изготовитель.

Для замены лампы в узле диапроектора необходимо вынуть лампу из патрона, сменить ее, снова поставить патрон в корпус и, перемещая лампу вдоль и вокруг оси, а также наклоняя ее, получить нужный уровень освещенности и равномерности освещения, затем закрепить патрон. Уровень освещенности тест-таблицы диапроектора при отъюстированном

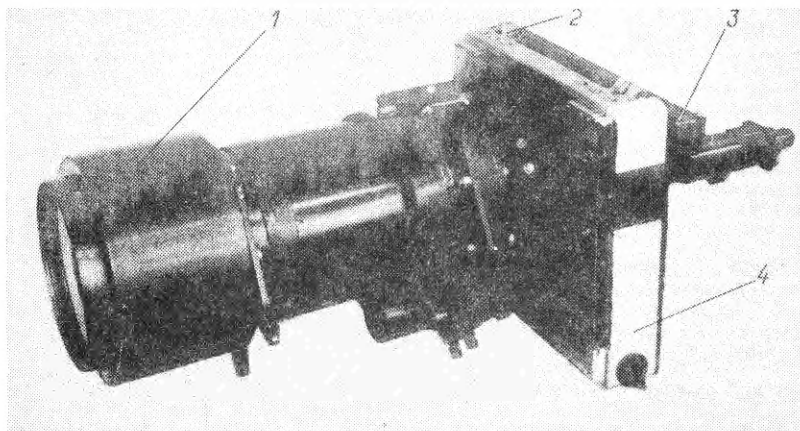


Рис. 3.6. Оптико-механический комплекс ОМК-1 с вариообъективом ОЦТ $35 \times 13\text{П}$ в сборе

источнике света можно отрегулировать ирисовой диафрагмой.

Уход за объективом и комплексом — см. в п. 2.2.

3.2. Оптико-механический комплекс ОМК-2 с вариообъективом ОЦТ $10 \times 14\text{П}$ камеры КТ-178

Оптико-механический комплекс ОМК-2 (рис. 3.7) и идущий ему на смену ОМК-2М предназначены для работы в ЦТВ-камере КТ-178 для студийных и внестудийных передач в целях одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях трех передающих трубок камеры с форматом изображения $9,6 \times 12,8$ мм. Комплекс ОМК-2 в составе ТВ-камеры предусмотрен для работы как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе при температуре от -30 до 50°C . При относительной влажности воздуха 95 % (при температуре 30°C) работоспособность сохраняется в течение 48 ч. Ниже приведены технические данные комплекса ОМК-2.

Пределы фокусного расстояния объектива, мм	От 14 до 140
Максимальное относительное отверстие (без экстендера)	1 1,8
Пределы диафрагмирования объектива (без экстендера)	От 1:1,8 до 1:22

Пределы дистанционной наводки (дистанция отсчитывается от первой оптической поверхности объектива), м:	
в основном режиме	От ∞ до 0,6
» режиме микросъемки	» $0,6 \times 0,4$
Увеличение экстендера, крат	1,5
Линейное поле изображения, мм	1,6
Угол между осями каналов, $^\circ$:	
зеленого и красного	75
синего » »	74

Габаритные размеры (с блендой), мм	258 $\times$ 268 $\times$ 761
Масса, кг	Не более 12

В ОМК-2 входят вариообъектив ОЦТ $10 \times 14\text{П}$, призмный блок с диапроектором и узлом сменных светофильтров, комплект ЗИП.

Оптическая схема. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМК-2 включает оптические схемы вариообъектива ОЦТ $10 \times 14\text{П}$ с 10-кратным диапазоном изменения фокусного расстояния, призмного цветоделительного блока, разделяющего световой пучок на каналы W , R , B схемы диапроектора.

Вариообъектив ОЦТ $10 \times 14\text{П}$ выполнен по обычной, четырехкомпонентной схеме. Оптическая схема (рис. 3.8) состоит из пяти компонентов и экстендера.

Компонент *I* содержит восемь линз и состоит из двух частей: отрицательной, трехлинзовой и положительной, пятилинзовой. Перемещением первой части компонента *I* трех первых линз вдоль оптической оси обеспечивается дистанционная наводка вариообъектива (фокусировка) на конечные расстояния до 0,6 м от первой поверхности до ∞ . Остальные линзы неподвижные. Компонент *II*, отрицательный, состоящий из двух линз — одиночной и трехскленной, — может перемещаться вдоль оптической оси на 82 мм и изменять фокусное расстояние объектива. Компонент *III* состоит из отрицательной скленной линзы, перемещается одновременно с компонентом *II* по криволинейной направляющей с целью обеспечить неподвижную плоскость изображения.

Компонент *I* создает изображение, которое является предметом для панкратической системы, состоящей из компонентов *II* и *III*. При взаимном перемещении компонентов *II* и *III* по кулачковым направляющим осуществляется изменение фокусного расстояния (масштабирование) вариообъектива от 14 до 140 мм без потери фокусировки. Компонент *III* имеет дополнительное малое перемещение для обеспечения возможности макросъемки с расстояния от 0,4 до 0,6 м, считая от передней линзы объектива. Макроподвижка может быть осуществлена только при минимальном фокусном расстоянии.

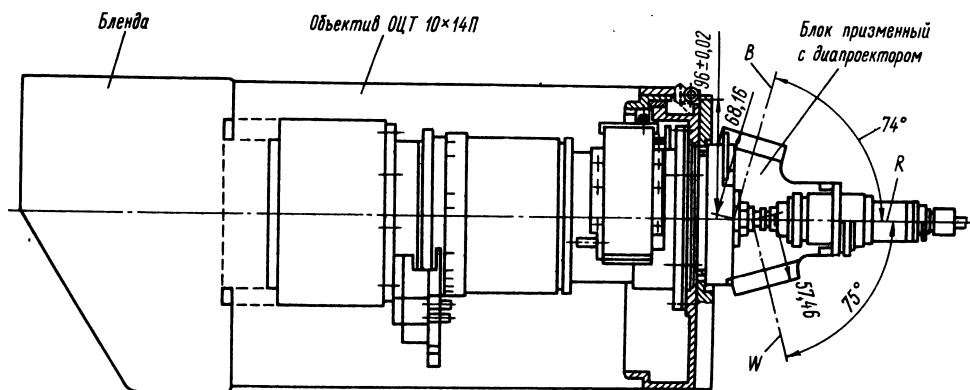


Рис. 3.7. Оптико-механический комплекс ОМК-2 с вариообъективом ОЦТ 10×14П

Компонент IV состоит из трех одиночных линз, компонент V — из трех отдельных и одной двухскленной линзы. Эти компоненты положительные, неподвижные, разделены большим воздушным промежутком. Компонент V имеет небольшую подвижку — $\pm 0,5$ мм — для подфокусировки плоскости изображения с фотокатодом трубки в процессе эксплуатации камеры. Компоненты IV и V переносят мнимое изображение, создаваемое первыми тремя компонентами, в плоскость изображения (плоскость фотокатодов передающих трубок). Между компонентами III и IV располагается апертурная диафрагма, обеспечивающая изменение относительных отверстий объектива от 1:1,8 до 1:22 (при выведенном экстендере).

Для расширения возможностей телекамеры фокусное расстояние объектива может быть увеличено за счет введения в воздушный промежуток между компонентами IV и V экстендера, который представляет собой телескопическую систему с видимым увеличением $1,5\times$. При введении экстендера фокусное расстояние объектива увеличивается в 1,5 раза ($f' = 21 \div 210$ мм), а относительное отверстие соответственно уменьшается в 1,5 раза.

Между объективом и призмным цветоделительным блоком помещаются сменные нейтральные светофильтры, прозрачная пластина и температурные светофильтры, а также коммутирующая призма.

Конструкция вариообъектива ОЦТ 10×14П показана на рис. 3.9.

Компонент I вариообъектива собран в корпусе 2. При перемещении первых трех линз компонента вдоль оптической оси осуществляется фокусировка вариообъектива на дистанцию от ∞ до 0,6 м. Перемещение осуществляется на шариках по трем цилиндрическим направляющим 13 при повороте вала механизма изменения дистанции, связанного с оправой линз посредством винтовой пары. Отсчет снимается по шкале дистанций, нанесенной на корпусе вариообъектива. Изменение фокусного расстояния в основном режиме (фокусировка) и в режиме макросъемки производится перемещением кареток 4 и 11 с компонентами II и III на шарикоподшипниках по направляющим на внутреннем диаметре основного корпуса объектива. Закон взаимного перемещения кареток с компонентами II и III задается кулачком 10. Кулачок имеет два пэза, профили которых выполнены по соответствующим законам движения, и связан посредством зубчатой передачи с валом механизма изменения фокусного расстояния 12. Шкала фокусных расстояний 3 нанесена на наружной поверхности кулачка.

Фокусировка вариообъектива в режиме макросъемки осуществляется перемещением каретки 4 с компонентом III при выведении шкалы фокусных расстояний 3 в зону, обозначенную словом «МАКРО», поворотом вала механизма изменения фокусного расстояния 12. Выходные валы механизмов изменения фокусного расстояния и дистанции предназначены для кинематического соединения с электроме-

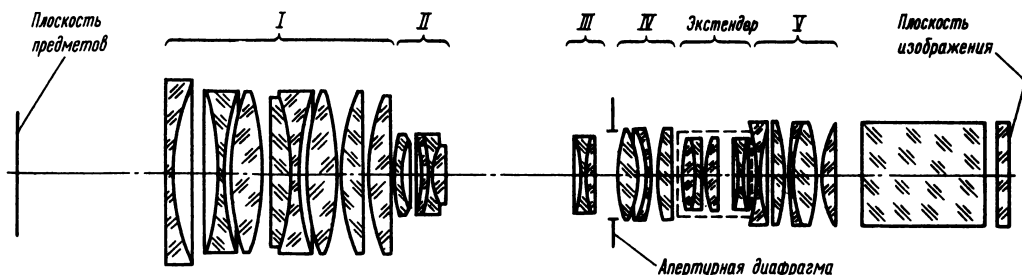


Рис. 3.8. Оптическая схема вариообъектива ОЦТ 10×14П

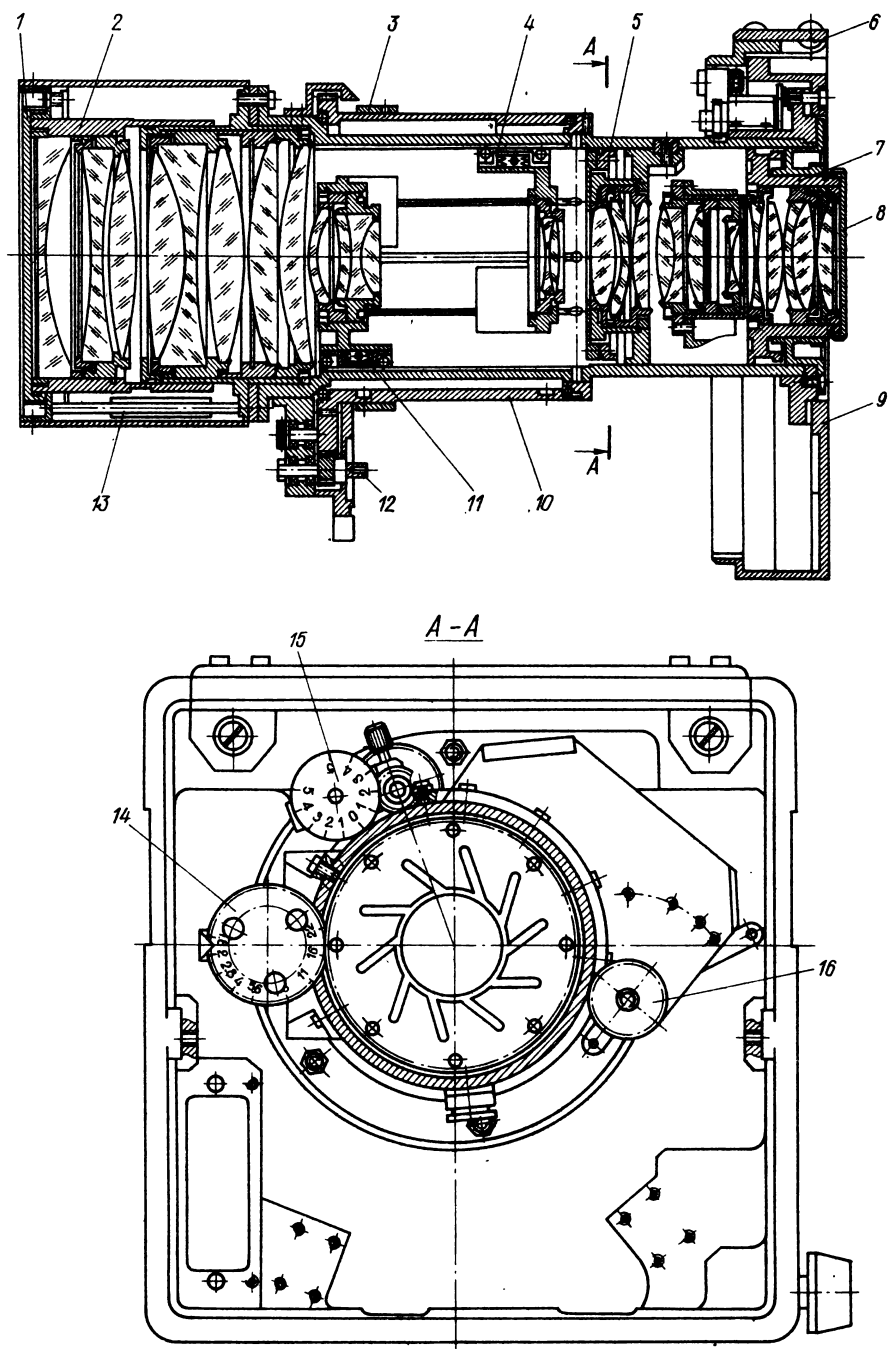


Рис. 3.9. Конструкция варнообъектива ОЦТ 10×14П

ханическими приводами. Диафрагмирование осуществляется лепестками ирисовой диафрагмы с помощью зубчатого колеса 14, связанного с зубчатым венцом поводком коронки диафрагмы, вращающейся на насыпном шарикоподшипнике. Отсчет относительных отверстий снимается по шкале диафрагм, нанесенной на

колесе 14. Линзы компонента IV находится в оправках 5.

Экстендер имеет два фиксированных положения: рабочее и нерабочее. Перевод экстендера из одного положения в другое осуществляется поворотом зубчатого колеса 16. Фиксация обоих положений обеспечивается

фиксатором. В вариообъективе предусмотрена возможность смещения плоскости изображения (подфокусировка) вдоль оптической оси на $\pm 0,5$ мм перемещением оправы 7 с компонентом V при вращении подфокусирующего маховика 15, кинематически связанного с оправой 7. Вариообъектив закреплен на основании 9, на котором расположены две петли 6 и крючок (на рисунке не показан) для крепления к призмемному цветоделительному блоку. Для предохранения от попадания влаги и пыли предусмотрены защитные крышки 1 и 8. Бленда крепится непосредственно к кожуху ТВ-камеры (на рисунке не показан). Габаритные размеры вариообъектива: диаметр 155 мм, длина 361 мм, масса 10 кг.

Подготовка к работе. Вариообъектив следует установить на основании 9 с помощью двух петель 6 и закрепить крючком. Правильная установка объектива на плите относительно призмемного блока характеризуется тем, что изображение бесконечно удаленного предмета (знак ∞ шкалы дистанций совмещен с риской) в каждом канале при любом фокусном расстоянии находится на расстоянии $16 \pm 0,1$ мм (с учетом планшайбы передающей трубки) от поверхности фланца канала. Правильную юстировку комплекса гарантирует предприятие-изготовитель.

Для замены лампы в узле диапроектора необходимо вынуть патрон с лампой, заменить лампу, установить патрон на место. Пользуясь регулировочными подвижками, добиться требуемого уровня и равномерности освещенности. После этого патрон зафиксировать винтом в хомутике и закрепить в корпусе. Уровень освещенности тест-таблицы диапроектора при отъюстированном источнике света регулируется ирисовой диафрагмой.

3.3. Оптико-механический комплекс ОМК-4 с вариообъективом «Вариогоир ЛОМО-201» камеры КТ-190

Оптико-механический комплекс ОМК-4 предназначен для одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях передающих трубок цветной телевизионной репортажной камеры КТ-190,

формат изображения $8,8 \times 6,6$ мм. Комплекс ОМК-4 в составе ТВ-камеры предусмотрен для работы как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе при температуре от -30 до 40°C и относительной влажности воздуха 95 % (при температуре 30°C). Ниже приведены технические данные комплекса ОМК-4.

Относительное отверстие объектива	От 1:1,85 до 1:2,05
Пределы диафрагмирования (полное перекрытие светового потока)	От 1 85 до 0
Пределы дистанционной наводки (дистанция отсчитывается от первой оптической поверхности объектива), м:	
в основном режиме	От 0,65 до ∞
» режиме макросъемки	» 0 » 0,65
Линейное поле изображения, мм	11,5
Угол между осями каналов, $^\circ$:	
синего и красного	50
зеленого » »	76
Габаритные размеры (с блендой), мм	Не более $142 \times 155 \times 278$
Масса, кг	1,8

В состав комплекса ОМК-4 входят вариообъектив «Вариогоир ЛОМО-201», призмемный цветоделительный блок на основании с узлом подсветки, диск со светофильтрами, комплект ЗИП.

Оптическая схема. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМК-4 включает оптические схемы вариообъектива «Вариогоир ЛОМО-201» с 10-кратным диапазоном изменения фокусного расстояния; призмемного цветоделительного блока с узлом подсветки.

В оптическую схему вариообъектива (рис. 3.10) входят пять компонентов, из которых компоненты I, II, III и V подвижные. Компонент I, состоящий из четырех линз, имеет подвижку вдоль оптической оси, чем обеспечивается дистанционная наводка от ∞ до 0,65 м. Компоненты II и III составляют панкратическую систему. Их подвижки обеспечивают изменение фокусного расстояния от 10,6 до 101,2 мм. Компонент III имеет, кроме того, дополнительную подвижку для изменения дистанции наводки (в режиме макросъемки). Перемещение компонента V вдоль оптической оси в пределах $\pm 0,4$ мм обеспечивает оперативную подфокусировку объектива, т. е. сов-

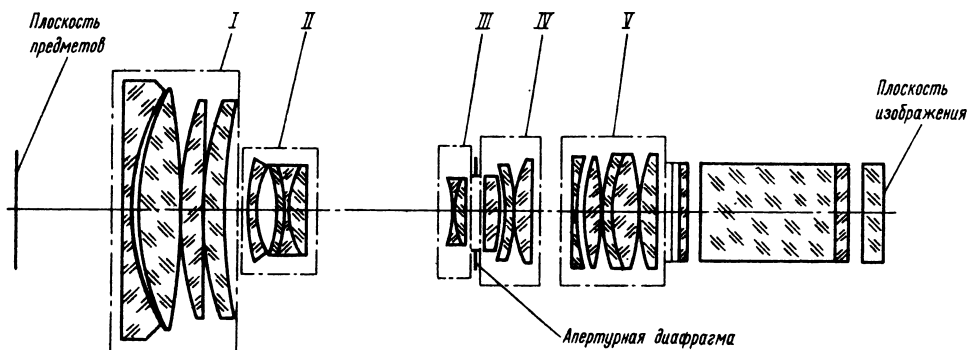


Рис. 3.10. Оптическая схема вариообъектива «Вариогоир ЛОМО-201» в сборе

мещение плоскости изображения со светочувствительной поверхностью передающей трубки. Между панкратической системой и компонентом IV находится апертурная диафрагма.

Оптическая схема призмного цветоделительного блока с узлом подсветки показана на рис. 3.11. Набор цветокорректирующих светофильтров 10 предназначен для преобразования излучения источников света с цветовой температурой 4600 и 6500 К в излучение источника света с цветовой температурой 3200 К. Пластина 9 защитная. Цветоделительный призмный блок 3 включает три призмы — 1, 4, 7. Между призмами 1, 7 имеется воздушный промежуток 0,002—0,02 мм. Поверхность А призмы 1 и поверхность Б призмы 7 имеют цветоделительные покрытия. Цветоделительное покрытие поверхности А отражает свет в диапазоне длин волн от 400 до 520 нм, образуя синий канал В. Цветоделительное покрытие поверхности Б отражает свет в диапазоне длин волн от 470 до 620 нм, образуя зеленый канал W. Световые потоки, отраженные от цветоделительных покрытий, претерпевают полное внутреннее отражение на границе стекло — воздух и направляются в каналы В и W соответственно под углами 50 и 76° относительно оси объектива. Красный канал образуется по оси из прямо прошедших через призму лучей в диапазоне длин волн от 570 до 700 нм.

На выходе каждого канала расположены корректирующие светофильтры 2, 6, 8, служащие для коррекции цветоделения. Пластина 5 компенсирует длину хода лучей в канале R. Она имеет интерференционное покрытие, форми-

рующее длинноволновый склон кривой спектрального пропускания канала. Для защиты цветоделительного блока от бликов внутренние грани призм имеют полевые диафрагмы. Источник света 11, светофильтр 13, призма 14 и диффузно отражающие поверхности В и Г образуют систему подсветки, которая обеспечивает дополнительное равномерное освещение светочувствительных поверхностей передающих трубок в целях уменьшения их «инерционности». Светофильтр 13 служит для обеспечения требуемого уровня освещенности в каналах В, W, пластина 12 — для защиты от бликов из узла подсветки.

Конструкция вариообъектива «Вариогир ЛОМО-201» показана на рис. 3.12. Все компоненты вариообъектива собраны в отдельных оправках и перемещаются относительно неподвижного корпуса 8. Компонент I заключен в оправу 2, которая имеет шкалу дистанционной наводки от 0,65 м до ∞. Оправа 2 перемещается по окулярной резьбе. Компонент II вариообъектива собран в оправе 14, а компонент III — в оправе 13. Взаимное перемещение последних двух компонентов осуществляется вдоль оптической оси, определяемое профилем цилиндрического кулачка 4, связанного с венцом 5.

Зубчатый венец 5 скреплен со шкалой фокусных расстояний. Вариообъектив рассчитан на работу в обычном режиме и в режиме макросъемки. Для перехода в режим макросъемки необходимо установить минимальное фокусное расстояние, затем, нажав красную кнопку на корпусе объектива, вывести шкалу фокусных

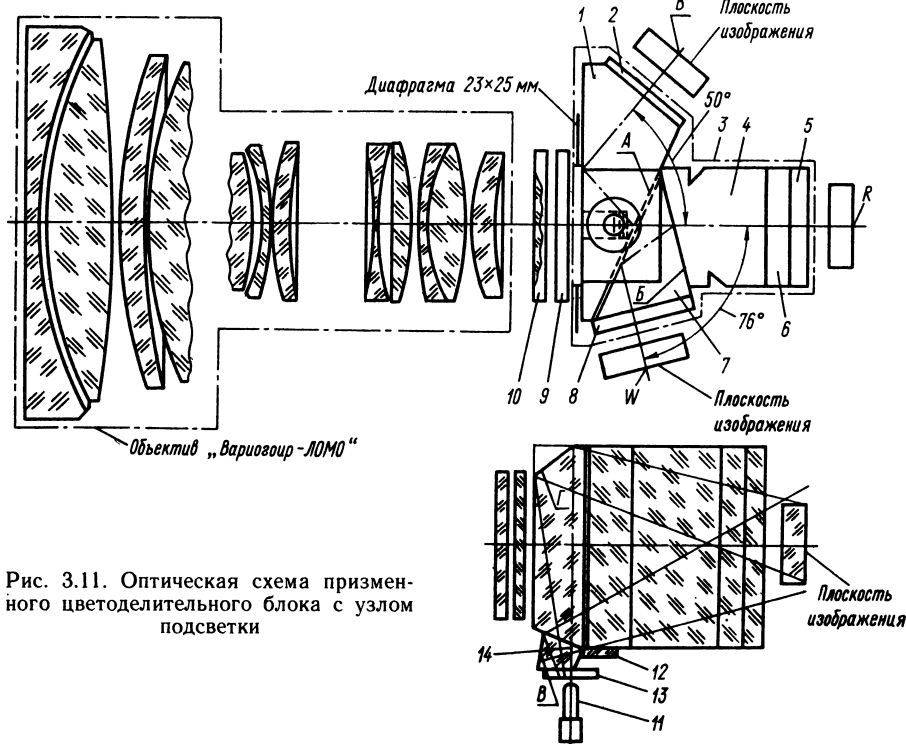


Рис. 3.11. Оптическая схема призмного цветоделительного блока с узлом подсветки

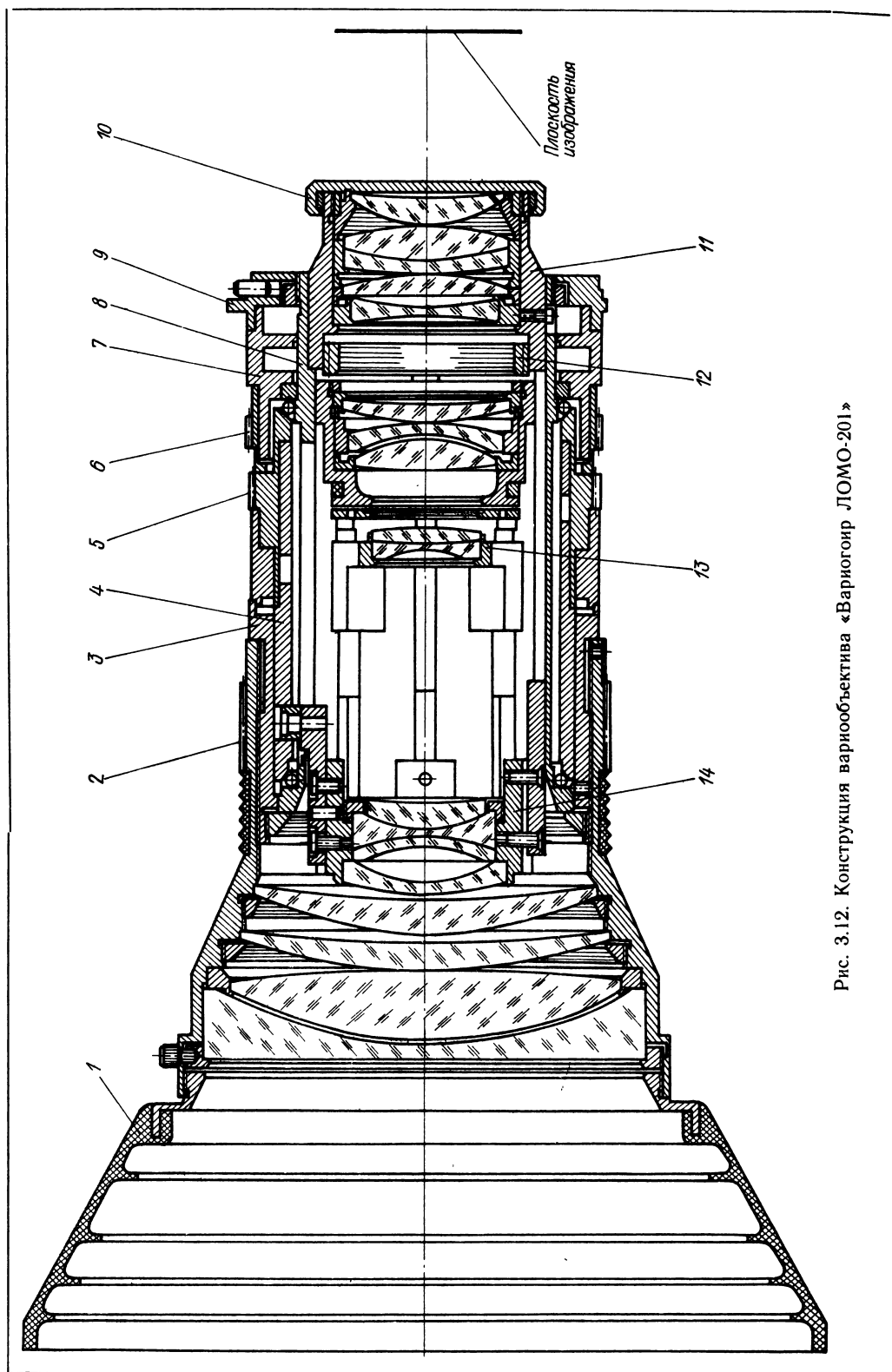


Рис. 3.12. Конструкция вариобъектива «Вариогир ЛОМО-201»

расстояний в зону «МАКРО». Дистанция макросъемки от 0,65 м до 0 (расстояние отсчитывается от первой оптической поверхности вариообъектива).

Диафрагмирование вариообъектива обеспечивается вращением зубчатого венца 6 со шкалой относительных отверстий. При повороте зубчатого венца 6 за пределы 1:2,2 шкалы относительных отверстий до упора осуществляется полное перекрытие светового потока вариообъектива одним из лепестков узла диафрагмы. В вариообъективе предусмотрена возможность смещения плоскости изображения вдоль оптической оси на $\pm 0,4$ мм перемещением оправы 11 с компонентом объектива при повороте резьбовой втулки 12 с рукояткой (на рисунке не показана). Предусмотрена фиксация рукоятки подфокусировки для предотвращения самопроизвольного смещения плоскости изображения по окончании подфокусировки.

Детали 3 и 7 вариообъектива имеют базовые поверхности для установки приводов механизмов изменения дистанции, фокусного расстояния и диафрагмы.

Вариообъектив крепится к цветоделительному блоку с помощью байонета 9. Бленда 1 устанавливается на вариообъективе с помощью резьбы. Крышка 10 и крышка, устанавливаемая внутри бленды 1, служат для защиты оптики объектива в нерабочем состоянии комплекса.

Габаритные размеры вариообъектива: диаметр 129 мм, длина 192,1 мм; масса 1,135 кг.

Конструкция цветоделительного блока показана на рис. 3.13. Цветоделительный блок включает призмный блок в корпусе, диск со светофильтрами, фонарь подсветки, базовое основание. Призмный блок, склеенный с титановым основанием 13, установлен на двух пальцах 14 в корпусе 15 и крепится к кор-

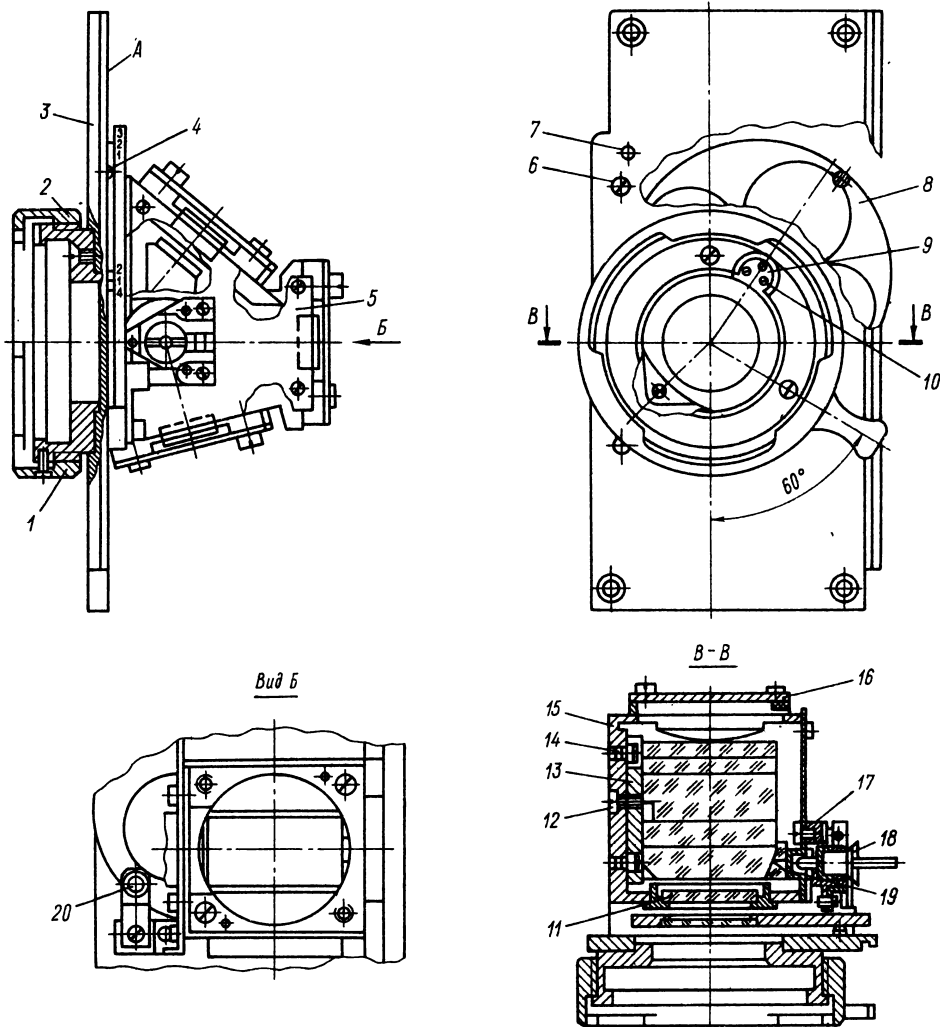


Рис. 3.13. Конструкция цветоделительного блока ОМК-4

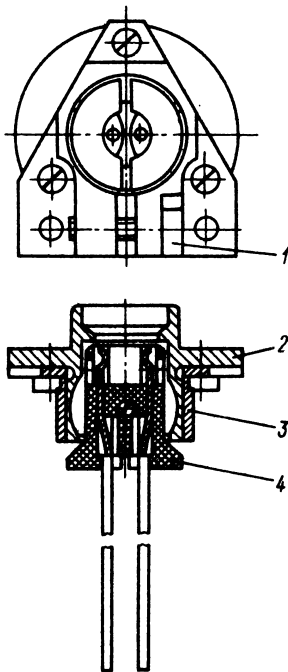


Рис. 3.14. Конструкция фонаря узла подсветки ОМК-4

пуску винтом 12. Корпус закрыт боковой крышкой 5, к которой прикреплен держатель 17 с фонарем подсветки. В переднюю стенку корпуса установлена оправа 11 с защитным стеклом и диафрагмой. Наружные поверхности корпуса 15 на выходе цветных каналов призмного блока имеют фланцы для крепления узлов передающих трубок (на рисунке не показаны). Во время хранения и транспортировки выходы каналов призмного блока должны быть закрыты крышками 16. Корпус 15 с призмным блоком установлен на основании 3 с помощью двух пальцев 7 и прикреплен к основанию тремя винтами 6. На основании 3 закреплен адаптер 2 с базовым отверстием для установки объектива и гайкой 1 для его крепления. Крепление объектива байонетное, что обеспечивает возможность оперативной его установки и съема. Ось 9, закрепленная винтами 10 на адаптере 2, служит для установки диска 8 со светофильтрами.

В диске размещены четыре светофильтра со следующими обозначениями: «214» — прозрачная пластина ($\tau=1$); «321» — светофильтр ($T_u=480$ K); «432» — светофильтр ($T_u=6500$ K); «143» — светофильтр ($T_u=6500$ K) с нейтральным ослаблением ($\tau=0,2$). Для смены светофильтров диск поворачивается вручную и фиксируется в нужном положении фиксатором 20, прижимающим диск к трем опорам 4. Фонарь подсветки состоит из источника света в патроне 18, светофильтра 19 и держателя 17. Источником света служит лампа накаливания типа СМН9-60. Устройство патрона дает возможность быстро заменять лампу

при выходе ее из строя. Для обеспечения необходимых уровня и равномерности освещенности светочувствительной поверхности передающей трубки патрон 18 с лампой можно перемещать по оси относительно корпуса 2 (рис. 3.14), наклонять относительно оси и вращать вокруг нее. Хомутик 3 служит для закрепления патрона с лампой. Поверхность А основания 3 (см. рис. 3.13) является базовой для установки комплекса в камере.

Техническое обслуживание. Для замены лампы в фонаре, разжав хомутик 3, стягиваемый винтом 1, необходимо вынуть патрон 4 с лампой, заменить лампу исправной и установить патрон на место. Пользуясь регулировочными подвижками, следует добиться необходимых уровня и равномерности освещенности, после чего затянуть хомутик 3 винтом 1.

3.4. Методика юстировки и аттестации ТВ-вариообъектива

Объективы, используемые для формирования изображения в телевизионных передающих камерах, являются сложными оптическими системами. Высокая степень абберационной коррекции наряду с большой светосилой, широким диапазоном изменения фокусного расстояния и увеличенным задним отрезком (для размещения цветоделительного блока) объясняют необходимость использования в оптической схеме большого числа линз, разделенных на отдельные компоненты. К качеству изображения, создаваемого ТВ-вариообъективом, предъявляются высокие требования в пределах всего рабочего поля в пространстве изображений. Поэтому при изготовлении объектива необходимо принять определенные меры для обеспечения соответствия его расчету оптической схемы.

Под соответствием объектива расчету оптической схемы будем понимать соответствие (с определенной степенью точности) взаимного положения в пространстве отдельных оптических поверхностей, а также показателей преломления и дисперсий линз расчетным значениям. Обеспечение такого соответствия с известной точностью гарантирует получение расчетного качества изображения в пределах всего поля объектива.

Методика юстировки. Для изготовления сложного вариообъектива, соответствующего расчету, необходимо разработать специальную методику юстировки и аттестации объектива, т. е. последовательность операций, обеспечивающих получение расчетного качества изображения. К таким операциям относятся: обработка базовых поверхностей линз, т. е. их посадочных диаметров и опорных торцов в соответствии с заданными допусками, крепление линз в оправы и обработка базовых поверхностей оправ: обработка посадочных диаметров и сопрягаемых поверхностей корпусных деталей вариообъектива, установление заданных воздушных промежутков между линзами, обеспечение заданного рабочего отрезка вариообъектива, обеспечение взаимозаменяемости вариообъектива, т. е. согласование положения механических посадочных поверхностей с осью ви-

зирования вариообъектива, проведение поузлового контроля в целях определения качества изготовления и сборки отдельных компонентов; оценка качества изображения объектива.

Оптическая ось одиночной линзы — это линия, проходящая через центры кривизны преломляющих поверхностей. Положение этой оси относительно геометрической оси корпуса вариообъектива и определяет степень точности центрировки линзы в вариообъективе. В том случае, если точность центрировки линзы в вариообъективе оказывается неудовлетворительной, ее крепят (завальцовывают или зажимают резьбовым кольцом) в оправу и проводят центрировку линзы в оправе. Для этого оправу с линзой устанавливают с помощью плавающего патрона на шпинделе токарного станка. Регулировкой плавающего патрона добиваются совмещения (с требуемой точностью) оптической оси линзы с осью вращения шпинделя стакана, после чего проводят обработку базовых поверхностей оправ. Для контроля точности центрировки используют автоколлимационный микроскоп (трубку Забелина).

Широкое применение в объективах находят склеенные линзы. У таких линз центры кривизны трех оптических поверхностей должны лежать на одной прямой, являющейся оптической осью склеенной линзы. Для выполнения этого требования при склеивании используют автоколлимационный микроскоп с разделенным зрачком. В ТВ-вариообъективах применяют трехсклеенные линзы. Для повышения точности центрировки одну или обе наружные линзы приклеивают к средней, закатанной в оправу, ориентируя их в пространстве относительно базовых поверхностей оправы, обработанных относительно оптической оси средней линзы.

Таким образом, все оптические детали, поступающие на сборку вариообъектива, имеют базовые посадочные поверхности, определяющие с требуемой точностью положение их оптических осей. Следующим этапом, обеспечивающим требуемое взаимное расположение линз в вариообъективе, является обработка сопрягаемых поверхностей корпусных деталей вариообъектива. Размеры посадочных диаметров корпуса под оправы с линзами должны обеспечивать заданный зазор, а размеры под линзы без оправ — температурный зазор, ликвидирующий натяжение в линзах во всем рабочем диапазоне температур, который может возникнуть в результате разности коэффициентов линейного расширения стекла и материала, из которых изготовлен корпус. Посадочные диаметры под все линзы должны быть с требуемой точностью соосны между собой. Линия, являющаяся осью базового посадочного диаметра корпусной детали, называется осью корпуса. В том случае, если в вариообъективе имеется несколько корпусных деталей (как, например, в вариообъективе ОЦТ 35×13П), оси сопрягаемых цилиндрических поверхностей должны с высокой точностью совпадать с осями корпусов. Все опорные торцы должны быть с требуемой точностью перпендикулярны к оси корпуса. Выполнение всех этих требо-

ваний обеспечивается рациональным построением технологического процесса обработки корпуса.

Особое внимание следует уделить вопросу центрировки подвижных оптических компонентов. В вариообъективе «Вариооигр ЛОМО-201» посадочные места в оправках под линзы подвижных компонентов обрабатываются после установки этих оправ в корпус относительно оси корпуса. В вариообъективах ОЦТ 35×13П и ОЦТ 10×14П шарикоподшипники, на которых катятся подвижные оптические компоненты, устанавливаются в своих каретках по корпусу вариообъектива после механического совмещения оси посадочных диаметров под линзы с осью корпуса. Опыт показывает, что такая методика сборки обеспечивает требуемую точность центрировки панкратических компонентов в корпусе вариообъектива.

Поскольку корпусная деталь (или корпусные детали) определяет взаимное расположение линз, входящих в оптическую схему вариообъектива, при построении технологического процесса необходимо предусмотреть ее аттестацию перед сборкой оптики.

При установке оптических узлов в компонентах вариообъектива необходимо выдержать требуемые воздушные промежутки между линзами. Эта операция осуществляется путем установки между линзами промежуточных колец требуемого размера (опорные торцы таких колец должны быть с заданной точностью параллельны между собой) либо путем подрезки торцов оправ. Однако следует помнить, что разброс значений показателя преломления и дисперсии оптического стекла, определяемый ГОСТ 3541—76, не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стеклу, применяемому в сложных вариообъективах. На стекла, из которых изготавливают линзы, должен быть паспорт, в котором указаны конкретные оптические характеристики данной плавки стекла. После того как оптическая схема укомплектована, т. е. конкретные характеристики всех линз, входящих в вариообъектив, известны, проводят пересчет оптической схемы по паспортным данным оптических стекол примененной плавки. Целью такого пересчета является компенсация снижения качества изображения, вызываемого отклонениями (в пределах ГОСТа) показателя преломления и дисперсии стекол, за счет изменения тех или иных воздушных промежутков между линзами. Поэтому требуемые значения воздушных промежутков между линзами в вариообъективе определяются плавками стекол, из которых изготовлены входящие в него линзы.

Изменение фокусного расстояния вариообъектива при заданном положении плоскости изображения обеспечивается путем одновременного перемещения двух компонентов по заданным законам. Отступление от заданных законов движения («отставание» или «опережение» одного относительно другого) приводит к смещению плоскости изображения вдоль оптической оси, что приводит к расфокусировке, т. е. к потере качества изображения в ТВ-камере. Практически законы взаимного перемещения подвижных компонентов задаются кулачком, представляющим собой цилиндрическую де-

таль, имеющую два точных аттестованных паза: один винтовой, обеспечивающий линейную зависимость перемещения оптического компонента от угла поворота кулачка, а другой криволинейный, перемещающий компонент при повороте кулачка по заданному (нелинейному) закону. В том случае, если в исходном положении, когда угол поворота кулачка равен нулю, подвижные компоненты находятся не в расчетном положении, при повороте кулачка будет наблюдаться не только изменение фокусного расстояния вариообъектива, но и смещение вдоль оптической оси плоскости изображения. В целях установления требуемых воздушных промежутков между подвижными компонентами, т. е. в исходном положении кулачков вариообъективов ОЦТ 35×13П и ОЦТ 10×14П, предусмотрены технологические отверстия, положение которых соответствует расчетному положению подвижных компонентов. Зафиксировав положение подвижных кареток вдоль оси с помощью поводков, помещенных в эти отверстия, положение оптических компонентов устанавливается путем подрезки соответствующих промежуточных колец и торцов оправ. В вариообъективе «Варио-гоир ЛОМО-201» для этой цели предусмотрены на конце каждого из двух пазов кулачка участки, направление которых параллельно нормали к оси кулачка. Положение этих участков вдоль оси соответствует определенному расчетному положению подвижных компонентов, поэтому установка соответствующих воздушных промежутков производится в таком положении кулачка, когда поводки обоих компонентов находятся в указанных участках пазов.

Вариообъективы, работающие в составе передающих ТВ-камер, должны быть взаимозаменяемы. Для этого необходимо согласовать положение оси визирования вариообъектива с механическими посадочными поверхностями, т. е. теми поверхностями, которые определяют положение вариообъектива в камере, а также обеспечить с требуемой точностью соответствие рабочего отрезка вариообъектива его номинальному значению. Рабочим отрезком называется расстояние вдоль оптической оси от опорного торца вариообъектива до плоскости изображения. Требуемый рабочий отрезок достигается установкой промежуточных колец определенного размера между корпусом вариообъектива и деталью, посредством которой вариообъектив крепится к ТВ-камере.

Ось визирования объектива называется линия, проходящая через такие две оптические сопряженные точки, одна из которых находится в пространстве предметов, а другая — в плоскости изображения, положение которых остается постоянным при изменении фокусного расстояния объектива во всем его рабочем диапазоне. Ось визирования должна быть с определенной точностью перпендикулярна к плоскости изображения и проходить через центр линейного поля объектива. Посадочные поверхности объектива, определяющие положение его в камере, должны быть определенным образом ориентированы относительно оси визирования, что обеспечивает постоянство этой оси в пространстве при замене одного объек-

тива на другой. Большие габаритные размеры и масса ряда вариообъективов, таких, как, например, ОЦТ 10×14П, ОЦТ 35×13П, не позволяют обработать их посадочные поверхности описанным способом.

В вариообъективах ОЦТ 10×14П и ОЦТ 35×13П обеспечение требований взаимозаменяемости реализуется путем регулировки угла наклона вариообъектива относительно основания, а также положением петель, на которые устанавливается вариообъектив в камере, относительно своей оси. Эти регулировки проводятся на оптической скамье с помощью специального приспособления, имитирующего посадочное место ТВ-камеры.

Необходимо предусмотреть своевременный контроль тех параметров оптических и механических деталей, которые влияют на качество сборки вариообъектива. В том случае, если качество изображения собранного вариообъектива оказывается несоответствующим расчетному, найти причину оказывается, как правило, весьма затруднительно. Для этого следует разобрать вариообъектив и провести в определенной последовательности обмер всех параметров оптической системы. Этот путь чрезвычайно трудоемкий в условиях производства, когда сроки изготовления вариообъектива весьма ограничены, и влечет за собой определенные организационные трудности.

В целях выявления возможных отступлений от требований расчета на более ранних этапах сборки используется так называемый поузловой метод контроля оптической системы и паспортизации некоторых наиболее ответственных деталей. Так, обязательной паспортизации подлежит кулачок. Это значит, что после изготовления кулачка его основные параметры (форма пазов, по которым должны перемещаться ползуны подвижных компонентов, взаимное расположение посадочных поверхностей и пр.) должны быть измерены с требуемой степенью точности и занесены в паспорт на этот кулачок. Должны быть заполнены паспорта на корпусные детали, направляющие, детали, определяющие присоединительные размеры, и т. д. Наличие паспорта практически полностью исключает возможность поступления на сборку детали, ответственные параметры которой не соответствуют требованию чертежа.

Сущность поузлового метода контроля оптической системы вариообъектива заключается в оценке точности центровки линз в каждом отдельном компоненте и качества изображения, создаваемого этим компонентом. Для контроля точности центровки линз в том или ином компоненте необходимо провести расчет положения автоколлимационных точек от всех оптических поверхностей компонента в собранном виде. Исходя из допустимого наклона и смещения той или иной поверхности следует определить допустимый диаметр бинения соответствующей автоколлимационной точки от этой поверхности. Компонент устанавливается на шпиндель станка таким образом, чтобы радиальное и торцовое бинение базовых поверхностей не превышали заданного значения. С помощью автоколлимационного микроскопа (например, трубки Забелина) следует измерить

диаметр биения изображений центров кривизны всех оптических поверхностей компонента при вращении шпинделя станка. Сравнение измеренных и допустимых (расчетных) значений диаметров изображений центров кривизны поверхностей позволяет оценить точность центрировки линз в компоненте. В том случае, если центровка компонента признана удовлетворительной, следует оценить соответствие изображения, создаваемого этим компонентом, расчетному значению. Такую оценку удобно проводить на оптической скамье при измерении визуальной разрешающей способности.

Отдельно взятый компонент вариообъектива имеет весьма низкое качество изображения при работе в тех условиях, в которых он может быть аттестован на оптической скамье (т. е. при работе из бесконечности на конечное расстояние), а иногда такая аттестация вообще не может быть проведена (случай отрицательного компонента или отрицательного заднего вершинного отрезка). Поэтому для сравнения качества изображения, создаваемого компонентом, с расчетным следует изготовить специальные технологические компенсаторы. Компенсатор рассчитывается для каждого компонента таким образом, чтобы качество изображения в точке на оси системы компонент — компенсатор было достаточно высоким, а задний вершинный отрезок этой системы был положительным. Кроме того, проведя расчет частотно-контрастной характеристики (ЧКХ) этой системы, следует определить пространственную частоту, на которой значение ЧКХ равно 0,05. По данным, эту частоту можно приближенно принять за визуальную разрешающую способность системы.

Поместив в переднюю фокальную плоскость коллиматорного объектива оптической скамьи штриховую мишу абсолютного контраста, можно с помощью микроскопа скамью измерить визуальную разрешающую способность системы компонент — компенсатор. Если измеренная разрешающая способность соответ-

ствует расчетной, компонент может быть передан на дальнейшую сборку. В противном случае следует проконтролировать воздушный промежуток между компонентом и компенсатором и воздушные промежутки между линзами самого компонента. Если измеренные значения соответствуют расчетным и приходится проводить измерение параметров каждой линзы компонента, найти погрешность во много раз легче, чем заниматься аналогичной работой применительно ко всему вариообъективу сразу.

Следует подчеркнуть, что оценку центрировки и качества изображения целесообразно проводить на окончательно собранном и тщательно вычищенном компоненте.

Для оценки качества сборки вариообъектива в целом проводят измерение коэффициента передачи модуляции вариообъектива на пространственных частотах 20 или 30 мм⁻¹ в центре и на краю рабочего поля пространства изображений. Измерения проводят при полном относительном отверстии вариообъектива при трех значениях фокусного расстояния, соответствующих крайним и среднему значениям изменения фокусного расстояния.

При измерении тест-объект располагают в передней фокальной плоскости вариообъектива коллиматора, что соответствует дистанции съемки «бесконечность», а для вариообъективов, имеющих режим макросъемки («Варио-гоир ЛОМО-201»), измерение коэффициента передачи — модуляции — проводят также и с конечного расстояния (вплоть до 80 мм от передней линзы вариообъектива). При измерениях используют специальный корректирующий светофильтр, приводящий фотоактивный поток измерительной установки к расчетному.

Проведя ряд измерений коэффициента передачи модуляции в единой плоскости для трех значений фокусного расстояния в пределах всего линейного поля, можно сделать заключение о степени соответствия вариообъектива расчету.

Глава 4

ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РЕПОРТАЖНЫХ ТВ-КАМЕР

Малогабаритные передвижные репортажные комплексы (репортажные станции), размещенные в небольших автобусах или легковых автомобилях, позволяют оперативно собирать, обрабатывать и передавать необходимую информацию непосредственно с места событий, проводить предварительную компоновку программ, что значительно сокращает время выхода передачи в эфир. Передвижные репортажные станции, как правило, имеют автономное питание и могут работать во время движения транспортного средства. Легкие и малогабаритные ТВ-камеры позволяют оператору во

время передачи получать почти все необходимые ракурсы передаваемых объектов [21, 22, 26].

В 1977 г. была разработана первая отечественная репортажная станция, в которую входили репортажная камера КТ-302Р и оптико-механический комплекс ОМБ-302. Изготовлено было три опытных образца репортажных станций, однако из-за ряда существенных недостатков станций серийное производство их приостановлено. В 1979 г. в нашей стране была выпущена первая промышленная партия передвижных репортажных станций ЦТВ. Стан-

ция укомплектована двумя репортажными ТВ-камерами КТР-308, выполненными на трех 25-миллиметровых передающих трубках. В состав камеры входил оптико-механический комплекс ОМБ-308. Камера обеспечивала получение цветного изображения, сравнимого по качеству с изображением, обеспечиваемым студийными ТВ-камерами.

Оптико-механические комплексы ОМБ-302 и ОМБ-308 предназначены для работы с ТВ-трубкой, имеющей линейное поле изображения $9,6 \times 12,8$ мм. Существенным различием этих комплексов является построение их по разным оптическим схемам. В комплексе ОМБ-302 использованы серийно выпускаемый вариообъектив «Фотон» с четырехкратным изменением фокусного расстояния от 37 до 140 мм и оборачивающая система, состоящая из объектива переноса изображения и коллективной линзы (см. гл. 1). Комплекс ОМБ-308 построен на специально рассчитанном для работы совместно с призмной цветоделительной системой вариообъективе ОЦТ $6 \times 13П$ с шестикратным изменением фокусного расстояния — от 13 до 78 мм, у которого удлиненность заднего отрезка и телецентричность хода главных лучей позволили разместить призмный цветоделительный блок за объективом. Кроме того, в комплексе ОМБ-308 предусмотрена возможность использования диапроектора-насадки, что расширяет возможности контроля работоспособности камеры. Поскольку оптико-механический комплекс ОМБ-302 используется в некоторых модификациях оптических головок и представляет самостоятельный интерес как опыт реализации оптической схемы с переносом изображения при применении серийного объектива, ниже приводится описание конструкции и принципов работы обоих оптико-механических комплексов.

4.1. Оптико-механический комплекс ОМБ-302

Оптико-механический комплекс ОМБ-302 предназначен для одновременного формирования изображения объекта на светочувстви-

тельных поверхностях трех передающих трубок в цветной репортажной ТВ-камере КТ-302Р.

Технические данные комплекса ОМБ-302 приведены ниже.

Изменение фокусного расстояния вариообъектива «Фотон», мм	От 37 до 140
Относительное отверстие вариообъектива «Фотон»	1:3,5
Изменение фокусного расстояния комплекса (вариообъектив «Фотон» + оборачивающая система), мм	От 31 до 118
Относительное отверстие комплекса	1:2,8
Фокусировка (дистанция отсчитывается от плоскости изображения), м	От ∞ до 1,6
Диафрагмирование вариообъектива «Фотон»	От 1:3,5 до 1:16
Угол между осями каналов, зеленого и красного	140
» » синего	80
Децентрировка визирных осей каналов относительно оси передающей трубки, мм	$\pm 0,1$
Габаритные размеры, мм	Не более $491 \times 248 \times 68$
Масса, кг	2,5

В состав оптико-механического комплекса входят вариообъектив «Фотон», блок объектива переноса изображения, блок призм, светофильтры для вариообъектива «Фотон», светофильтры зеленого W , красного R , синего B каналов и стаканы под передающие трубки.

Оптическая схема оптико-механического комплекса. Оптическая схема оптико-механического комплекса формирует три цветоделенных изображения и, кроме того, проецирует изображение оптической марки, необходимой для работы систем автоматической центровки раstra и автоматического баланса видеосигналов. Поле изображения ограничено непрозрачной рамкой, предназначенной для автоматического баланса уровня «черного» и для автоматической компенсации паразитной засветки.

Комплекс ОМБ-302 (рис. 4.1) состоит из 12-линзового основного вариообъектива 3 («Фотон») с четырехкратным изменением фокусного

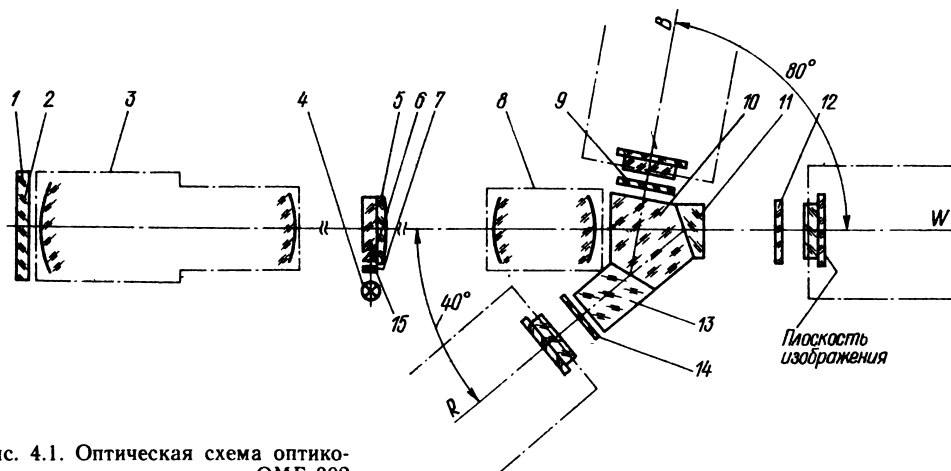


Рис. 4.1. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМБ-302

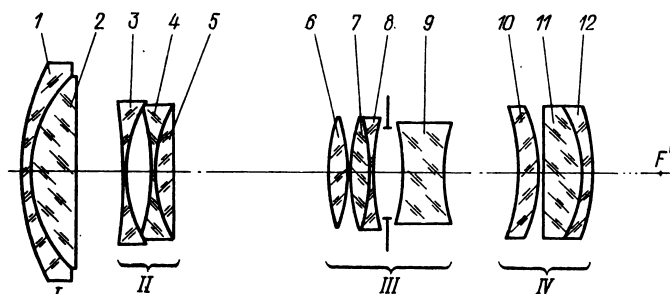


Рис. 4.2. Оптическая схема вариообъектива «Фотон»

расстояния, коллективной линзы 5, в главной плоскости которой расположены непрозрачная рамка, ограничивающая рабочее поле изображения, и оптическая марка, шестилинзового объектива 8 переноса изображения и призматического цветоделительного блока 10, 11, 13, образующего три канала: W , R , B .

В каждом из каналов перед планшайбой передающей трубки находятся компенсирующие

светофильтры 9, 12, 14 для компенсации ошибок цветоделения каналов. Поверхности склеиваемых призм цветоделительного блока имеют дихронические покрытия с соответствующими спектральными характеристиками, благодаря чему и осуществляется цветоделение на три канала. Узел оптической марки состоит из проекционной лампы 4, светофильтра 7, рассеивающего молочного стекла 15, оптической марки и призмы 6. Изображение марки накладывается на изображение оптической рамки.

Перед вариообъективом «Фотон» могут быть установлены нейтральные светофильтры 1, 2.

Вариообъектив «Фотон» представляет собой оптическую систему (рис. 4.2) с плавно изменяющимся фокусным расстоянием от 37 до 140 мм. При изменении фокусного расстояния относительное отверстие не изменяется. Вариообъектив состоит из четырех компонентов, в которые входят 12 линз. Фокусирование для съемки с конечных дистанций осуществляется перемещением вдоль оптической оси компонента 1, состоящего из линз 1 и 2. Фокус-

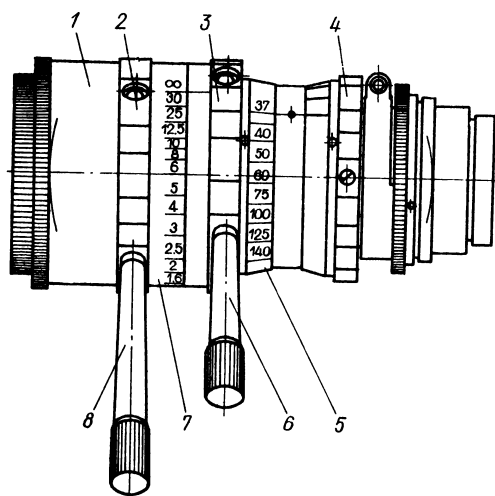


Рис. 4.3. Конструкция вариообъектива «Фотон»

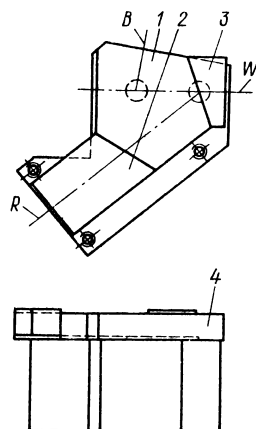


Рис. 4.5. Призматический цветоделительный блок

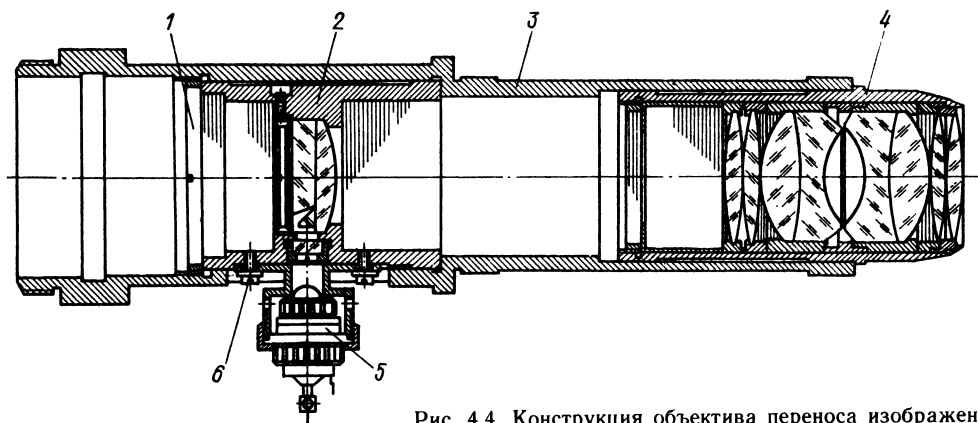


Рис. 4.4. Конструкция объектива переноса изображения

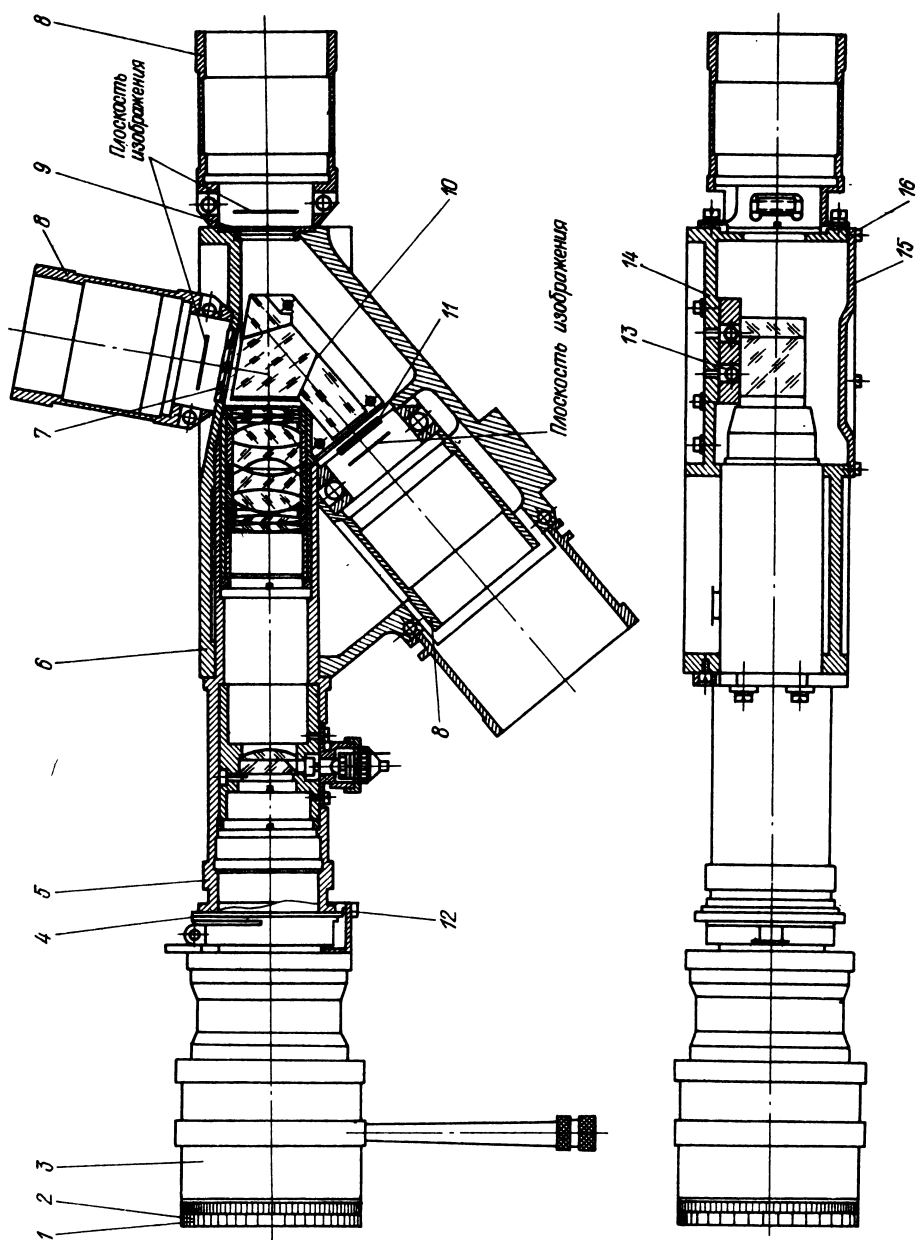


Рис. 4.6. Конструкция оптико-механического комплекса ОМБ-302

ное расстояние изменяется перемещением вдоль оптической оси компонентов *II* и *III*, состоящих соответственно из линз 3—5 и 6—9. Компонент *IV* системы — линзы 10—12 — неподвижный.

Оптические компоненты вариообъектива в оправах находятся в корпусе 1 (рис. 4.3). Фокусирование осуществляется поворотом оправы 2. Оправу можно поворачивать с помощью рукоятки 8. Отсчет дистанции (в метрах) производится по шкале 7. Изменение фокусного расстояния вариообъектива, т. е. изменение масштаба изображения, осуществляется поворотом кольца 3 с помощью рукоятки 6. Значения фокусного расстояния (в миллиметрах) считываются со шкалы 5. Относительное отверстие объектива устанавливается поворотом кольца 4, на котором нанесены значения относительных отверстий от 1:3,5 до 1:16.

Блок объектива переноса изображения. Объектив переноса изображения (рис. 4.4) служит для проецирования изображения, формируемого вариообъективом «Фотон» в плоскости промежуточного изображения, находящейся на поверхности коллективной линзы, на светочувствительные поверхности передающих трубок камеры, а также для проецирования изображения оптической марки. Объектив состоит из шести компонентов, в которые входят восемь линз. Оптические компоненты объектива в оправах закреплены в общей оправе 4, которая помещается в оправе 3 и крепится в ней стопорными винтами. В оправе 3 помещаются также узлы коллектива 2 и подсветки 5. Узел коллектива крепится в оправе гайкой 1, узел подсветки — винтами 6. Объектив переноса изображения вместе с коллективной линзой представляют собой оборачивающую оптическую систему, работающую с увеличением $V=0,8$.

Призмный цветоделительный блок. Блок призм (рис. 4.5) представляет собой призмную сборку, состоящую из призмы 1 и двух клиньев 2, 3. Призмная сборка наклеена на титановую пластину 4.

Цветоделительные покрытия на границе склейки призмы 1 и клина 3 отражают свет в диапазонах длин волн 400—510 и 590—700 нм. Канал *W* образуется из прямо прошедших лучей в области длин волн 510—590 нм. Цветоделительное покрытие на границе склейки призмы 1 и клина 2 отражает свет в диапазоне длин волн 400—510 нм, образуя канал *B*. Канал *R* образуется из прямо прошедших лучей в области длин волн 560—700 нм.

Титановая пластина 4 имеет два отверстия диаметром 6А, относительно осей которых сориентирована призмная сборка. Эти отверстия для установки узла призмного блока в корпусе 6 оптико-механического комплекса (рис. 4.6). Корпус 6 изготовлен из сплава марки Д16Т. В посадочное отверстие корпуса устанавливается объектив переноса изображения 5 и крепится винтами. Призмный блок 10 устанавливается на установочные штифты 13, 14 и крепится к корпусу винтами. Вариообъектив 3 устанавливается на оправу объектива 5 переноса изображения с помощью переходной оправы 4.

Шкала относительных отверстий вариообъектива 3 с помощью зубчатого сектора 12 связана с электромеханическим приводом дистанционного управления. Перед входной линзой вариообъектива «Фотон» могут быть установлены на резьбе оправы со светофильтрами 1 и 2 из стекол марок НС6 и НС7. На выходе каналов устанавливаются оправы 7, 9, 11 с корригирующими светофильтрами и стаканы 8 для крепления фокусирующей отклоняющей системы. Для защиты призмного блока от пыли технологическое отверстие корпуса 6 закрыто крышкой 15 с прокладкой 16. Для предохранения линз вариообъектива «Фотон» от загрязнения применяются защитные колпачки.

4.2. Оптико-механический комплекс ОМБ-308

Оптико-механический комплекс ОМБ-308 предназначен для одновременного формирования изображения объекта на светочувствительных поверхностях трех передающих трубок камеры КТР-308.

Технические данные комплекса ОМБ-308 приведены ниже.

Изменение фокусного расстояния вариообъектива ОЦТ 6×13М, мм	От 13 до 78
Изменение относительного отверстия объектива	От 1:2,2 до 1:3
Диафрагмирование вариообъектива	От 1 2,2 до 1 22
Фокусировка (дистанция отсчитывается от первой поверхности объектива), м	От ∞ до 0,5
Угол между осями каналов, °:	
синего и красного	74
зеленого » »	75

В состав оптико-механического комплекса ОМБ-308 входят вариообъектив ОЦТ 6×13М, призмный цветоделительный блок, два диска со светофильтрами.

Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМБ-308. Оптическая схема вариообъектива 1 состоит из четырех компонентов (рис. 4.7). Компонент 1 состоит из двух частей: три первые линзы подвижные, другие четыре линзы неподвижные. Перемещение первых трех линз используется для дистанционной наводки вариообъектива от ∞ до 0,5 м (считая от первой линзы вариообъектива). Компоненты *II* и *III* составляют панкратическую систему, обеспечивающую изменение фокусного расстояния от 13 до 78 мм. Компонент *II*, состоящий из трех линз, перемещается вдоль оптической оси по линейному закону, а компонент *III* — по нелинейному. Компонент *IV*, состоящий из девяти линз, представляет собой собственно объектив и переносит изображение с трех компонентов в плоскость изображения объектива. Между компонентами *III* и *IV* находится ирисовая (апертурная) диафрагма. При изменении фокусного расстояния от 13 до 78 мм максимальное относительное отверстие изменяется от 1:2,2 до 1:3.

За вариообъективом 1 перед призмным цветоделительным блоком 6 помещаются сменные светофильтры 2, 3. В призмный свето-

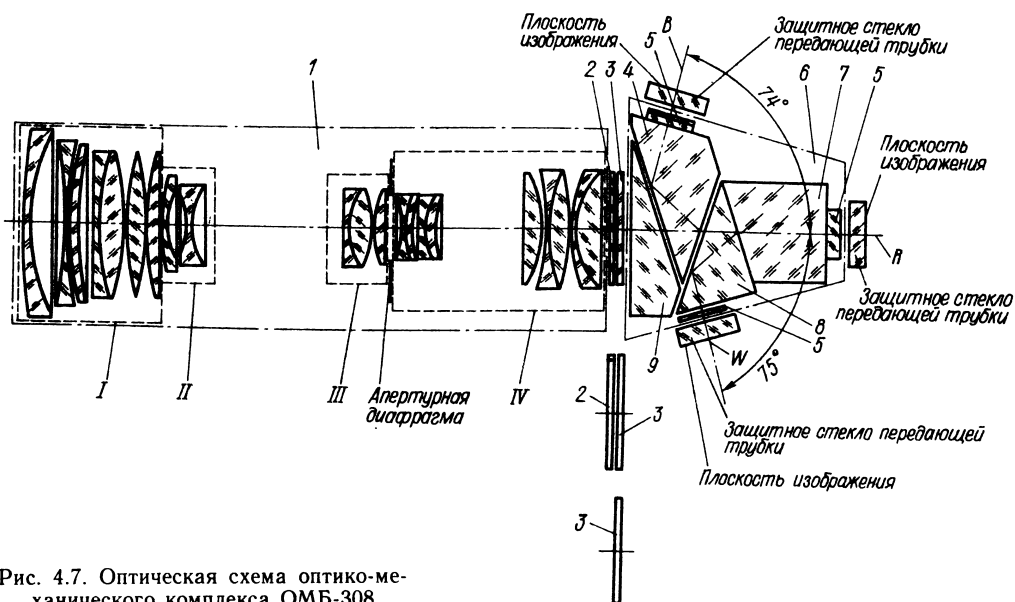


Рис. 4.7. Оптическая схема оптико-механического комплекса ОМБ-308

делительный блок входят две призмы 4, 9 и призмённая сборка, состоящая из призм 7, 8. Внутренние поверхности призм 4 и 8 имеют цветоделительные покрытия, благодаря чему и осуществляется цветоделение на три канала: В, W, R. Цветоделительное покрытие внутрен-

ней поверхности призмы 4 на границе соединения с призмой 8 отражает свет в диапазоне длин волн от 400 до 510 нм, образуя канал В. Цветоделительное покрытие внутренней поверхности призмы 8 отражает свет в диапазоне длин волн от 470 до 620 нм, образуя канал W. Канал

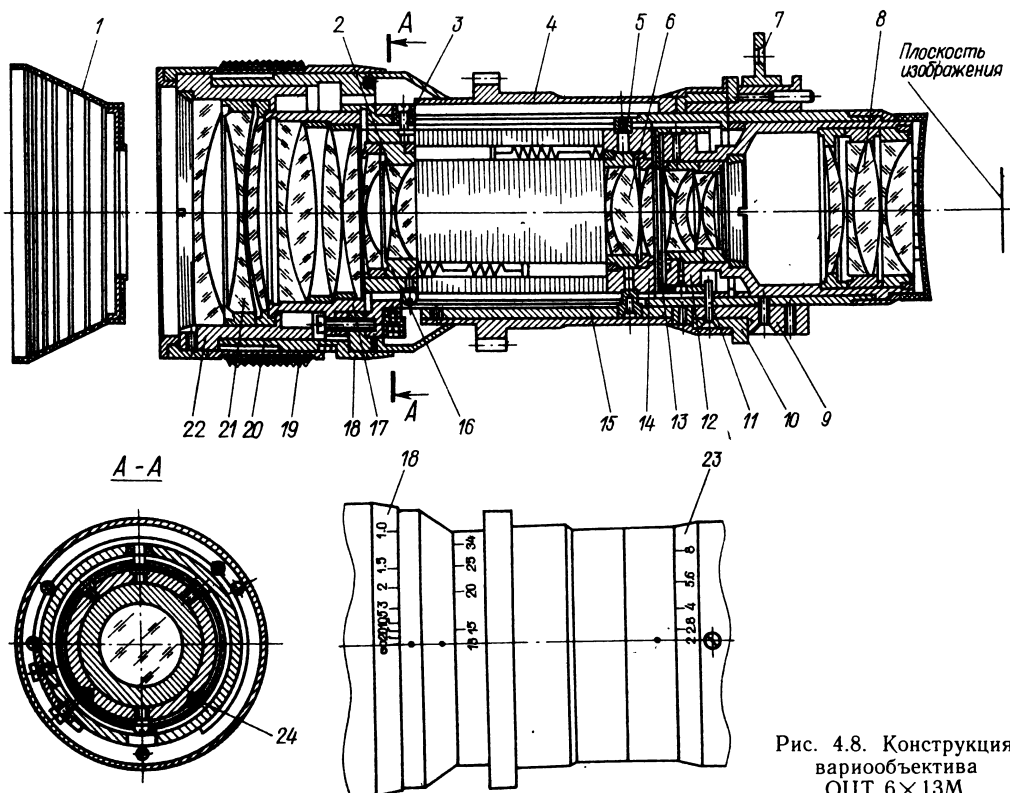


Рис. 4.8. Конструкция вариобъектива ОЦТ 6×13М

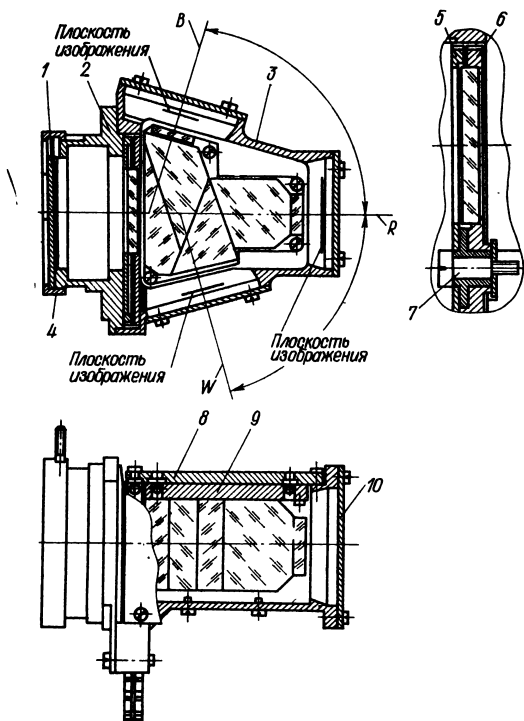


Рис. 4.9. Конструкция призмного цветоделительного блока

R образуется по оптической оси из прямо прошедших через призмный блок лучей в диапазоне длин волн от 540 до 680 нм. Между призмами 4, 8 и 9 имеются два малых воздушных промежутка для того, чтобы при повторном отражении светового пучка происходило полное внутреннее отражение. На выходе каждого канала расположены корректирующие светофильтры 5 из цветного стекла, служащие для коррекции цветоделения каналов. В каналах B и W на корректирующие светофильтры наклеены компенсирующие пластины из бесцветного стекла для компенсации разности оптического хода (на рисунке не показаны).

Вариообъектив ОЦТ 6×13М. Три первые линзы узла дистанции вариообъектива крепятся в корпусе 22 (рис. 4.8). Шкала дистанций 18 жестко связана с корпусом 22. При повороте кольца 19, связанного со шкалой дистанций 18, ролик не перемещается по винтовому пазу корпуса 20, обеспечивая движение корпуса 22 вдоль оптической оси; таким образом осу-

ществляется наводка вариообъектива на объект. Остальные линзы узла дистанции 21, собранные в оправе 17, закреплены в корпусе вариообъектива.

Изменение фокусного расстояния достигается перемещением линз в оправе 2, 6, собранных в отдельных корпусах 14 и 16. При повороте шкалы 4, имеющей зубчатый венец (вручную или дистанционно), линзы в оправе 2 на роликах 3 перемещаются по линейному закону по кулачку 15, а линзы в оправе 6 — по нелинейному закону на роликах 5 по кулачку 15. На корпусах узлов 2 и 6 закреплены пиннолы 24, по которым производится прямолинейное перемещение компонентов вдоль оптической оси.

Диафрагма 13 крепится к корпусу 12 неподвижного компонента 8. Диафрагмирование осуществляется с помощью зубчатого колеса 10, связанного пальцем 11 с коронкой диафрагмы. На зубчатом колесе имеется риска, а отсчет снимается по шкале диафрагм 23, нанесенной на кожух вариообъектива. Кронштейн 7 служит для крепления приводов, приводящих в движение зубчатое колесо 10 и шкалу 4. На корпусе вариообъектива расположен фланец 9, обеспечивающий крепление вариообъектива в камере. Бленда 1 служит для уменьшения посторонних засветок вариообъектива от ярких объектов, находящихся за пределами его поля зрения. Бленда устанавливается на вариообъективе.

Призмный цветоделительный блок. Призмный блок (рис. 4.9), наклеенный на металлическое основание 9, крепится к корпусу 3 крышкой 8. Перед призмным блоком в корпусе установлены два диска 5 и 6 на оси 7. В диске 5 находятся два пленочных светофильтра для цветовой температуры 5000 и 9000 К, а также непрозрачная заслонка и свободное отверстие. В диске 6 размещены два нейтральных светофильтра с пропусканием 0,1 и 0,3 и прозрачная пластина эквивалентной толщины. Диски 5 и 6 приводятся в движение вручную.

Корпус 7 на выходе цветных каналов призмного блока имеет посадочные поверхности для крепления стаканов с передающими трубками (на рисунке не показаны). Посадочные поверхности закрываются крышками 10 на время транспортировки и хранения. Для крепления вариообъектива или диапроектора на корпусе 3 имеется крышка 2 с байонетным кольцом 4. Крышка 1 служит для защиты призмного цветоделительного блока при транспортировке.

Диапроектор. Диапроектор предназначен для проецирования испытательной таблицы (тест-таблицы) на фотокатоды передающих

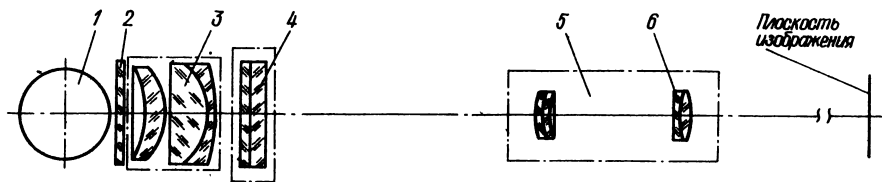


Рис. 4.10. Оптическая схема диапроектора

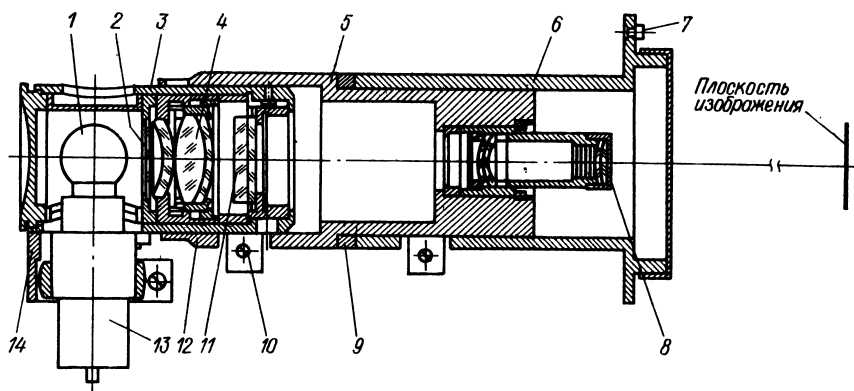


Рис. 4.11. Конструкция диапроектора

грубок во время настройки камеры КТР-308. Во время настройки камеры диапроектор устанавливается вместо вариообъектива ОЦТ 6×13М.

Оптическая схема диапроектора представлена на рис. 4.10 и состоит из источника света 1, матрицированного рассеивающего стекла 2, обеспечивающего равномерность освещения, конденсора 3, тест-таблицы 4, объектива 5, изображающего тест-таблицу в плоскость фотокатодов передающих трубок, и диафрагмы 6. Тест-таблица содержит элементы рисунка, необходимого для автоматического совмещения изображений трех каналов.

Конструкция диапроектора (рис. 4.11) представляет собой соединение узлов тест-таблицы и вариообъектива, находящихся в корпусах 3 и 5 соответственно. Узел тест-таблицы состоит из матрицированного рассеивающего

стекла 2, источника света 1, конденсора 4 и собственно тест-таблицы 11. Источник света — лампа накаливания ОП8-3,2 в патроне 13 — крепится в корпусе 14 с помощью хомутка. Регулировка положения вариообъектива и тест-таблицы с заданными размерами в плоскости изображения каналов осуществляется с помощью колец 9 и 12. Регулировка светового потока производится с помощью ирисовой диафрагмы 8.

Ориентирование тест-таблицы по углу поворота вокруг оси осуществляется поворотом корпуса 3 с последующим закреплением винтом 10. На корпусе 5 закреплен фланец 6 с пальцем 7, с помощью которого диапроектор соединяется с призматическим цветоделительным блоком.

Глава 5

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ УЗЛАМИ ПЕРЕДАЮЩИХ ТВ-КАМЕР

Значительные успехи, достигнутые в области разработок новых конструкций вариообъективов и цветоделительных блоков для телевизионного вещания, позволили оптической промышленности создать ряд сложных оптических приборов для передающих камер ЦТВ. Применение таких оптических приборов не только существенно улучшило качество телевизионного изображения, но и создало предпосылки к возможности формирования с их помощью различных технических эффектов непосредственно в процессе проведения телевизионных передач [3, 12]. Эти обстоятельства потребовали разработки новых систем управления оптико-механическими узлами для передающих ТВ-камер, которые должны иметь большие функциональные возможности и позволили бы наиболее

полно реализовать достижения современных разработок в области телевизионной оптики.

В настоящей главе дано описание работы систем управления подвижными оптическими компонентами ТВ-камер III и IV поколений, выпущенных после 1979 г.

Наиболее ранней моделью трехтрубной камеры для студийного и внестудийного вещания, которой оснащены сейчас практически все телевизионные центры нашей страны, является камера КТ-132. Камеру можно комплектовать двумя типами оптических головок: головкой КА-59 с вариообъективом «Радуга-М» или головкой КА-69 с вариообъективом «Сокол 20×29». Небольшая партия камер КТ-132 была укомплектована оптическими головками ТВ29.1 с вариообъективом «Варио-

гон 2,1/20-600» западногерманской фирмы «Шнайдер». Системы управления оптических головок КА-59 и КА-69 имеют незначительные отличия, поэтому вначале рассмотрим подробно принцип работы и конструкцию оптической головки КА-59 (п. 5.2), дополнив затем описание отличительными особенностями головки КА-69 (п. 5.3).

5.1. Требования к системам управления

Создание систем управления подвижными компонентами оптических узлов ТВ-камеры — задача довольно сложная, так как содержит ряд характерных требований, порой противоречивых, диктуемых особенностями построения ТВ-камер и спецификой создания телепередат. Следует отметить, что все оперативно регулируемые параметры оптико-механического комплекса, осуществляемые его подвижными элементами, по возможности должны управляться с помощью электроприводов. Это требование объясняется тем, что работа телевизионного оператора с камерой не должна вызывать у него сложностей чисто эргономических, так как он в течение всей передачи должен непрерывно следить за изображением по видеоконтрольному устройству камеры, устанавливать с помощью вариообъектива масштаб снимаемого объекта, обеспечивать наводку на резкость и одновременно с этим производить различные манипуляции по наведению камеры, перемещать камеру по штативу вверх-вниз, а вместе со штативом — по съемочной площадке. Применение механических передач от органов управления к подвижным компонентам объектива существенно усложнило бы конструкцию передающей камеры и ее эксплуатацию. Кроме того, отсутствие электромеханического привода не позволяет использовать камеру в режиме дистанционного управления, которое может осуществляться с помощью специальных панорирующих устройств.

Комплекс систем управления подвижными оптико-механическими узлами передающей ТВ-камеры должен осуществлять следующие операции: установку необходимого положения компонента изменения фокусных расстояний вариообъектива с различными скоростями (масштабирование); подвижку группы линз изменения дистанции до снимаемого объекта (фокусировку); дистанционную установку диафрагмы объектива или ее регулировку в автоматическом режиме; дистанционную установку нейтральных светофильтров и заслонки; введение в плоскость изображения испытательной тест-таблицы для технологической настройки камеры; оперативную установку в задний фокальный отрезок объектива оптической насадки (экстендера); переключение вариообъектива в режим репродукционной съемки и наводку на резкость в этом режиме (макрофокусировку).

Все функции управления наиболее полно реализованы в ТВ-камерах, предназначенных для студийного и внестудийного вещания. Изменение фокусного расстояния в довольно широком диапазоне — наиболее характерная и специфичная функция вариообъектива, поэ-

тому именно с нее целесообразно начать рассмотрение требований, предъявляемых к системам управления кинематическими узлами оптико-механических комплексов современных вещательных ТВ-камер. Определение требуемого масштаба передаваемого изображения, т. е. установку необходимого фокусного расстояния вариообъектива, выбор скорости и направления изменения этого параметра, осуществляет оператор. При работе с ТВ-камерой он максимально использует замечательное свойство вариообъектива — возможность непрерывного и плавного изменения фокусного расстояния без потери резкости, создающее у зрителя полную иллюзию «наезда» или «отъезда» камеры. Богатый арсенал технических возможностей вариообъектива, который можно использовать при создании технически сложных передач, а также опыт эксплуатации отечественных и зарубежных камер, оснащенных вариообъективами, позволили сформулировать основные требования к системам управления оптико-механическими узлами ТВ-камер.

Требования к системе масштабирования

От качества построения системы управления масштабированием существенно зависят эргономические показатели работы ТВ-камеры, поэтому в требованиях к системе управления этим компонентом в первую очередь должно учитываться данное обстоятельство.

1. Система должна обеспечивать плавное изменение фокусного расстояния вариообъектива во всем диапазоне со скоростью, заданной оператором, причем скорость перемещения компонентов при этом должна быть равномерной. Любая неравномерность движения компонентов масштабирования, скачки и дрожание телевизионного изображения неизбежно лишают зрителя естественности восприятия эффекта «наезда» или «отъезда» камеры.

2. Кратность изменения скорости масштабирования, т. е. отношение минимальной скорости к максимальной, должна быть 1:250—1:1000. Только наличие такого диапазона скоростей привода масштабирования позволит оператору быстро изменять планы передаваемого сюжета и производить медленные, незаметные для глаза наплывы.

3. Минимальное время масштабирования должно быть не более 2 с. Этот параметр определяет оперативность управления, готовность камеры к съемке различных планов при трансляции разных телевизионных передач.

4. Уровень акустических шумов работающего на максимальной скорости механизма масштабирования (равно как и других источников акустических шумов ТВ-камеры) должен быть достаточно низким. Раньше для подобной аппаратуры была установлена норма 36 дБА (интегральный шум) на расстоянии 1 м. В настоящее время в соответствии с рекомендациями OIRT при разработке вещательной ТВ-аппаратуры руководствуются следующими нормами:

Частота, Гц	63	125	250
Уровень акустических шумов, дБ	47	39	34
Частота, Гц	500	1000	2000
Уровень акустических шумов, дБ	38	38	34

Все контрольные замеры производятся на расстоянии 1 м от работающего механизма оптической головки. Указанные нормы являются ориентировочными и в дальнейшем при накоплении опыта эксплуатации могут быть уточнены.

Требования к приводам других систем

Приводы всех систем оптико-механических узлов не должны при работе создавать электромагнитных помех, электрических и магнитных наводок, т. е. ни в малейшей степени влиять на качество телевизионного изображения, формируемого камерой.

Работа системы управления компонентом изменения дистанции вариообъектива (фокусировки) в отличие от системы масштабирования имеет особенность, которая диктуется чисто эргономическими требованиями. Поскольку операторы телевидения работают как со стационарными камерами, так и с носимыми репортажными (а на большинстве носимых камер фокусировка производится вручную, поворотом непосредственно венца шестерни объектива), то и на стационарных камерах должна быть сохранена мнемоника непосредственной связи органа управления с компонентом фокусировки вариообъектива. Поэтому система управления этим подвижным узлом вариообъектива должна обеспечивать полную имитацию «жесткого вала» от вращающейся рукоятки управления до кольца фокусировки вариообъектива.

Регулировка и установка диафрагмы объектива во всех камерах вещательного телевидения, исключая лишь моноблочные камеры телевизионно-журналистских комплексов в режиме записи, производится дистанционно, с пульта видеоинженера. К этой системе предъявляются довольно высокие требования по точности отработки. Разница между относительным отверстием вариообъектива, задаваемым на пульте видеоинженера, и значением этого параметра после отработки исполнитель-

ным механизмом непосредственно на шкале объектива не должна превышать 1/4 деления шкалы диафрагмы на любом ее участке. (Шкалы относительных отверстий объективов для телевизионного вещания, как правило, линейные). Кроме того, во многих случаях необходимо, чтобы камеры были оснащены системой автоматической регулировки диафрагмы в зависимости от освещенности на объекте, а вариообъективы повышенной кратности, сконструированные по модульному принципу [32], имели устройство автоматической коррекции диафрагмы в зависимости от фокусного расстояния [1]. Все указанные требования являются в основном общими для перечисленных систем управления.

5.2. Оптическая головка КА-59

Необходимые для расчета систем управления механические характеристики вариообъектива «Радуга-М», на базе которого сконструирована оптическая головка КА-59, и механизма смены нейтральных светофильтров, который расположен на призмленном блоке ПП-82, приведены в табл. 5.1.

Конструктивно оптическая головка выполнена в виде отдельного легкосъемного блока, устанавливаемого на камере КТ-132. Несущей частью конструкции устройства являются салазки с закрепленным на них вариообъективом «Радуга-М». Объектив находится в стакане, имеющем базовые поверхности для размещения на них приводных механизмов систем. Установленная на салазках камеры оптическая головка фиксируется снизу невыпадающим винтом. Все электронные узлы и блоки систем управления и их исполнительные элементы располагаются в оптической головке и с органами управления и цепями питания камеры соединяются с помощью врубного ножевого разъема, находящегося на задней торцевой стороне головки. Исходя из значений

Таблица 5.1

Механические параметры вариообъектива «Радуга-М» и механизма смены нейтральных светофильтров

Функциональное назначение управляемого привода	Изменение параметра	Рабочий угол выходной шестерни	Момент нагрузки, Н·м		Выходная шестерня			Время отработки, с	Уровень акустических шумов, дБА*
			при $T = +25^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 0^{\circ}$	при $T = -30^{\circ}\text{C}$, $\alpha = \pm 30^{\circ}$	Число зубьев	Модуль	Угол наклона зубьев, °		
Изменение фокусного расстояния	22—227 мм	277°	0,27	0,39	152	0,8	20	2	36
Установка дистанции съемки	1,9 м — ∞	112°	0,34	0,44	152	0,8	20	1,5	36
Установка относительного отверстия	1:2,2—1:32	103°37' (полный — 116°)	0,1	0,26	132	0,8	0	3,5	30
Установка нейтральных фильтров	$\tau = 0,0$; 0,25; 0,5; 1,0	4·90°	Не нормируется		316	0,5	0	2	36

* На расстоянии 1 м от объектива.

крутящих моментов выходных шестерен объектива, необходимого времени отработки полного диапазона перемещения компонентов, а также требований по акустическим шумам и электромагнитной совместимости в качестве исполнительных элементов в приводах применены электродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов серии ДПМ. Для приводов масштаба и фокусировки выбран электродвигатель ДПМ35-Н1-02, для привода диафрагмы — электродвигатель ДПМ25-Н1-02, а для привода механизма смены нейтральных фильтров — электродвигатель ДПМ20-Н1-02. Все эти электродвигатели входят в разработанный специально для систем автоматики унифицированный ряд машин постоянного тока, которые имеют одинаковое конструктивное исполнение, но отличаются лишь параметрами и габаритными размерами [11].

Описание кинематической схемы

Кинематическая схема оптической головки КА-59 представлена на рис. 5.1.

Исполнительные механизмы приводов узлов масштабирования КА-157 и фокусировки КА-155 идентичны по конструкции и представляют собой легкосъемные модули, установленные на базовых поверхностях стакана вариообъектива. Выходные шестерни механизмов входят в зацепление с зубчатыми венцами соответствующих шестерен вариообъектива. Межцентровое расстояние обеспечивается конструкцией стакана и приводных модулей. Крепление последних к стакану осуществляется с помощью винтов. В состав каждого из этих механизмов входят: исполнительный электродвигатель ДПМ35-Н1-02; сочлененный с ним через муфту электродвигатель ДПМ20-Н1-02, который работает в режиме генератора, выполняя функцию датчика частоты вращения; червячный редуктор с передаточным числом 16;

сдвоенный потенциометр типа ПТП12С, который кинематически связан с венцом шестерни вариообъектива посредством мелко модульной червячной пары через фрикционную муфту. Передаточное число между венцом шестерни объектива и осью движков потенциометра выбрано таким образом, что полный рабочий угол поворота выходной шестерни вариообъектива соответствует повороту движка потенциометра соответствующего механизма на угол 330° . Такое соотношение объясняется тем, что один из потенциометров механизма является датчиком положения компонента и управляет работой электронной схемы, обеспечивающей снижение управляющего напряжения на входе усилителя системы, а следовательно, и замедление скорости движения компонента при подходе последнего к крайним механическим упорам объектива. Для эффективной работы этой схемы, как будет показано ниже, необходимо обеспечивать минимальное остаточное сопротивление датчика положения.

Как видно из кинематической схемы, связь потенциометра с зубчатым колесом осуществляется через фрикцион. Исполнительный электродвигатель и тахогенератор механизма закреплены в соосных стаканах и соединяются между собой эластичной муфтой. В процессе эксплуатации необходимо следить, чтобы между ними не образовались люфты. Наличие последних неизбежно ведет к возникновению автоколебаний в системе, которые проявляются в виде низкочастотного рокота. В целях снижения уровня акустических шумов работающего механизма, вибраций, попадания пыли и посторонних частиц механизмы этих приводов закрыты звукоизолирующим кожухом. Электрическое соединение механизмов привода с системой управления производится с помощью малогабаритных разъемов.

Полной взаимозаменяемости между механизмами масштабирования КА-157 и фоку-

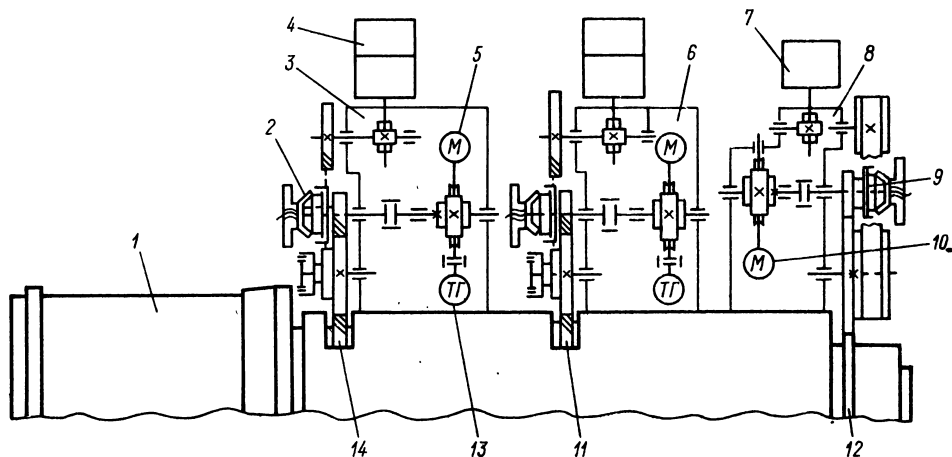


Рис. 5.1. Кинематическая схема оптической головки КА-59:

1 — вариообъектив «Радуга-М»; 2, 9 — фрикцион; 3 — механизм фокусировки КА-155; 4, 7 — потенциометр обратной связи; 5, 10 — электродвигатель; 6 — механизм масштабирования КА-157; 8 — механизм диафрагмирования КА-156; 11 — зубчатое колесо масштабирования; 12 — зубчатое колесо диафрагмы; 13 — тахогенератор; 14 — зубчатое колесо фокусировки

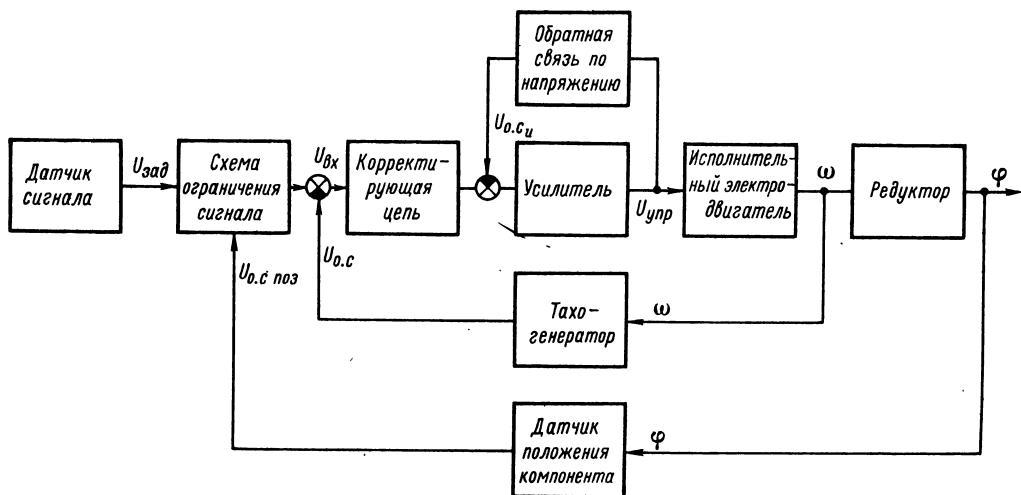


Рис. 5.2. Структурная схема системы масштабирования оптических головок камеры КТ-132

сировки КА-155 нет, так как углы поворота шестерен компонентов масштаба и фокусировки вариообъектива «Радуга-М» существенно отличаются. Конструкция механизма привода диафрагмы КА-156 по сравнению с конструкцией механизмов привода масштаба и фокусировки несколько видоизменена. Так как момент нагрузки узла диафрагмирования объектива значительно меньше, в качестве исполнительного двигателя в нем применена менее мощная электрическая машина, а поскольку система диафрагмирования работает только в следящем режиме с достаточно большим временем отработки, в приводе отсутствует тахогенератор обратной связи по скорости. Учитывая, что собственный уровень акустических шумов этого узла вариообъектива значительно ниже, а объем, в котором необходимо разместить механизм привода диафрагмы, достаточно мал, последний выполнен без звукоизолирующего кожуха и в несколько ином конструктивном исполнении.

Кинематическая связь потенциометра обратной связи с кольцом диафрагмирования объектива производится посредством ременной передачи и отдельной червячной пары. В целях предотвращения поломок, при случайном выходе из строя системы управления выходные шестерни редукторов всех приводов оптической головки снабжены фрикционными, усилие которых регулируется при настройке на заводе-изготовителе.

Контроль правильности установки движков потенциометров относительно крайев упоров на всех механизмах можно осуществлять визуально по шкалам потенциометров соответствующих механизмов. Край потенциометра обозначены индексами «0» и «33», цена деления шкал 3° . Практически все электронные элементы систем управления оптической головкой расположены на печатной плате блока усилителей КА-158, лишь силовые транзисторы выходных каскадов, снабженные теплоотводящими радиаторами, расположены на отдельной печатной плате.

Система управления масштабированием

Система управления компонентом изменения фокусного расстояния (масштабирование) является наиболее сложной из всех систем оптической головки и представляет собой систему стабилизации скорости. Она построена по принципу компенсации возмущений. В системе стабилизации значение регулируемой величины независимо от возмущающих воздействий должно поддерживаться регулятором постоянным и равным заданному значению в пределах допустимых отклонений. Структурная схема системы масштабирования, построенной по этому принципу, приведена на рис. 5.2. В тех случаях, когда подвижные компоненты масштабирования вариообъектива находятся вдали от крайев упоров, а система работает в установившемся режиме, входной сигнал $U_{зад}$, полярность которого определяет направление движения компонента, с задающего органа проходит без изменения через схему ограничения входного сигнала, складывается с сигналом обратной связи по скорости $U_{о.с}$, причем полярность последнего противоположна полярности напряжения $U_{зад}$, и в виде $U_{вх}$, равного $U_{вх} = U_{зад} + U_{о.с}$, поступает на цепочку коррекции. Далее сигнал подается на вход усилителя системы, усиливается в нем по напряжению и мощности и в виде управляющего напряжения поступает на обмотку якоря исполнительного электродвигателя, который начинает вращаться и через понижающий редуктор воздействует на объект регулирования. Непосредственно с валом исполнительного электродвигателя механически сочленен тахогенератор обратной связи, вырабатывающий напряжение, пропорциональное частоте вращения его вала. При отклонении частоты вращения электродвигателя от заданной вследствие влияния возмущающих воздействий (изменения момента нагрузки, напряжения питания и т. д.) изменяется напряжение обратной связи с тахогенератора $U_{о.с}$. Возникает сигнал ошибки $\Delta U_{вх} = U_{о.с} - U_{о.с1}$, где $U_{о.с1}$ —

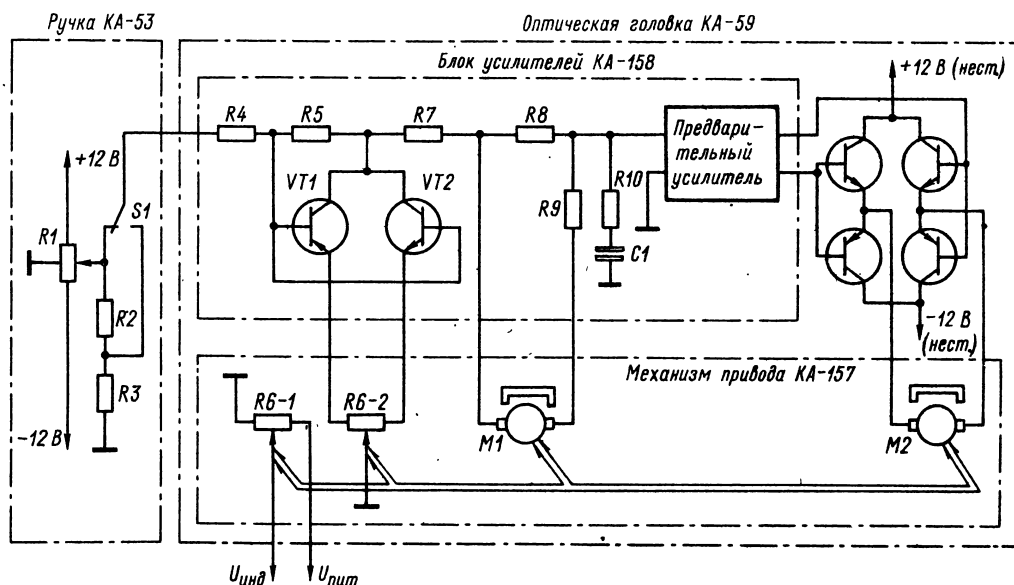


Рис. 5.3. Электрическая схема системы масштабирования оптической головки КА-59

напряжение обратной связи при отклонении скорости от номинальной.

Это изменение напряжения поступает на вход усилителя системы, усиливается в нем и в виде компенсирующего напряжения подается на обмотку исполнительного электродвигателя, изменяя частоту его вращения. При этом сигнал ошибки уменьшится, а скорость принимает исходное значение. Таким образом, скорость перемещения компонента масштабирования оказывается независимой от возмущающих факторов и пропорциональной сигналу задающего органа. Для улучшения линейности усилитель охвачен петлей отрицательной обратной связи. Схема ограничения входного сигнала воздействует на него лишь в зоне непосредственной близости от крайних упоров компонента. Напряжение $U_{о.с. поз.}$, формируемое потенциометрическим датчиком положения, определяется нахождением подвижной группы линз вариообъектива относительно механических упоров.

Упрощенная электрическая схема системы масштабирования оптической головки КА-59 представлена на рис. 5.3. Управление масштабированием производится с помощью эксцентриковой гашетки, расположенной на левой ручке КА-53 камеры. В нейтральном положении гашетки, кинематически связанной с движком задающего потенциометра $R1$, конструкцией этого узла обеспечивается установка движка потенциометра $R1$ в среднее положение, т. е. при этом задающий сигнал на входе усилителя практически равен нулю. При отклонении гашетки в любую сторону от нейтрального положения движок потенциометра $R1$ смещается со среднего положения и на вход системы поступает сигнал, пропорциональный углу смещения гашетки. Полярность определяется направлением поворота последней. Этот сигнал усиливается по напряжению усилителем си-

стемы до сигнала, необходимого для управления электродвигателем, а усиление по току производится мостовым усилителем мощности, образованным эмиттерными повторителями различной полярности. В диагональ моста включен исполнительный электродвигатель $M2$. При появлении напряжения на обмотке якоря электродвигателя вал последнего начинает вращаться, приводя в движение шестерни масштабирования объектива и вал тахогенератора $M1$. Последний вырабатывает сигнал обратной связи по скорости. Благодаря наличию этой обратной связи в системе устанавливается частота вращения исполнительного электродвигателя, определяемая входным напряжением, т. е. углом отклонения движка задающего потенциометра $R1$ от среднего положения.

Для остановки перемещения компонента масштабирования объектива оператору необходимо отпустить гашетку, которая принудительно, под действием пружины, возвращается в исходное положение. При этом потенциометр также занимает исходное среднее положение, уменьшая до нуля задающий сигнал на входе усилителя сервосистемы. Подвижные оптические компоненты узла масштабирования вариообъектива имеют довольно значительные массу и момент инерции. При большой скорости движения компонента в зоне крайних упоров неизбежен сильный динамический удар этой группы линз об ограничитель объектива, в результате чего появляются резкий металлический стук, подрагивание формируемого изображения, возможно возникновение микрофонного эффекта. Многократные удары могут привести к деформации профильных канавок и кулачков, заклиниванию, т. е. к механической поломке объектива.

В целях предотвращения подобных явлений в системе масштабирования и фокусировки

введена схема шунтирования входного сигнала определенной полярности, которая срабатывает при подходе группы линз объектива к соответствующему краевому упору, независимо от задающего сигнала. Схемотехнически эта задача реализована на транзисторах $VT1$ и $VT2$ $p-n-p$ и $n-p-n$ -проводимости, потенциометра $R6-2$ и резисторов $R4$, $R5$. При подходе подвижной группы линз вариообъектива к любому из краевых упоров шестерни вариообъектива устанавливает движок потенциометра $R6-2$ в край, сопротивление в цепи эмиттера одного из транзисторов, например $VT1$, уменьшается до нуля, транзистор входит в насыщение, а входной сигнал отрицательной полярности (именно отрицательный сигнал на входе системы приводит к перемещению компонента в этот край) шунтируется на корпус по цепи: переход коллектор — эмиттер транзистора $VT1$ — крайний вывод потенциометра $R6-2$ — движок этого потенциометра — корпус. При смене полярности задающего сигнала последний проходит на усилитель без ограничения, так как транзистор $VT1$ при этом закрывается, а $VT2$ также закрыт, так как сопротивление в его эмиттерной цепи достаточно велико. При подходе к другому краю рабочего диапазона шунтирование входного сигнала положительной полярности осуществляется аналогичным образом транзистором $VT2$. После установки и закрепления механизма на головке согласование положения движка потенциометра $R6-2$ можно не производить — оно осуществляется автоматически (достаточно 2—3 раза перевести компонент масштабирования из края в край с помощью системы управления). Автоматическое выставление движка потенциометра обеспечивается конструкцией привода.

При произвольной установке механизма на стекле вариообъектива крайние положения венца шестерни компонента объектива могут оказаться рассогласованными с положением движка потенциометра. При вращении кольца объектива до механического упора с помощью приводов ограничения скорости не происходит, движение компонента прекращается, но электродвигатель продолжает вращаться и, преодолевая трение фрикциона, перемещает движок потенциометра к краю обмотки, уменьшая при этом угол рассогласования между движком и краевым упором. Задающее напряжение под воздействием системы ограничения входного сигнала уменьшается. После нескольких таких подходов компонента к краевым зонам объектива границы перемещения движка потенциометра оказываются точно согласованными с краевыми упорами компонента вариообъектива.

В системе масштабирования предусмотрено два режима обработки: быстрый и медленный. Выбор необходимого режима осуществляется кнопочным переключателем $S1$, который расположен на левой ручке КА-53 камеры. С помощью этого переключателя сигнал с движка задающего потенциометра поступает на вход системы либо непосредственно с подвижного контакта, либо через делитель $R2$, $R3$. Чтобы обеспечить возможность получения малого сигнала при небольшом отклонении гашетки управления, а следовательно, и

плавность пуска электродвигателя системы, в качестве датчика сигнала применяют прецизионный проволоочный потенциометр ПТП21С с функциональной зависимостью, обеспечивающий малую крутизну изменения сигнала при небольших углах поворота оси.

Узел управления задающим потенциометром $R1$ работает от эксцентрикового кольца (гашетки) с углублением для большого пальца левой руки оператора. Эксцентриковое кольцо поворачивается на угол $\pm 45^\circ$ до упора и через коническую передачу обеспечивает поворот движка потенциометра на угол $\pm 150^\circ$. Пружина возвращает гашетку и движок в нейтральное положение, где с помощью шарикового фиксатора они принимают исходное положение. Выходное напряжение датчика в этом положении не должно превышать 3 мВ, в противном случае возможно самопроизвольное движение компонента масштабирования. Значение фокусного расстояния вариообъектива непрерывно индицируется на видеоконтрольном устройстве камеры. Напряжение с движка потенциометра $R6-1$, пропорциональное фокусному расстоянию, а точнее — углу поворота шестерни масштабирования объектива, подается на генератор метки, который расположен в видеоконтрольном устройстве камеры. Сформированный сигнал в виде небольшого белого прямоугольника индицируется на видеоконтрольном устройстве камеры, и оператор может определять значение фокусного расстояния по положению белой метки в верхней части изображения. Шкала фокусных расстояний нанесена на прозрачное защитное оргстекло экрана и расположена по линии движения метки.

Система управления фокусировкой

Построение схемы управления компонентом изменения дистанции (фокусировкой) объектива существенно отличается от схемы масштабирования. Требование имитации «жесткой» связи органа управления и объекта регулирования определило выбор формирователя задающего сигнала. В качестве датчика используют тахогенератор постоянного тока типа 2,5ТГП-10Т2. Скорость фокусирования определяется частотой вращения вала тахогенератора, который установлен в правой ручке КА-52М камеры КТ-132. Вал тахогенератора приводится во вращение посредством трехлопастного маховика, расположенного под правой рукой оператора. Вращение по часовой стрелке приводит к установке дистанции на бесконечность, вращение против часовой стрелки — к установке минимальной дистанции. Усилие вращения маховика (вязкое трение) оператор может изменять с помощью регулируемого фрикциона. Поскольку оператор визуально наблюдает за изображением непосредственно по видеоконтрольному устройству камеры, то нет необходимости каким-либо образом индицировать значение дистанции объектива.

В системе управления фокусировкой вариообъектива камеры предусмотрена позиционная установка дистанции вариообъектива, что позволило оператору иметь два фиксированных значения дистанции, выставляемых заранее.

Для этого в ручку масштабирования КА-52М введены два потенциометра типа ПТП11С, которые служат датчиками положения, и ключные переключатели, осуществляющие переход системы управления фокусировкой из режима стабилизации скорости в следящий режим и подключение на вход системы одного из задающих потенциометров. Принцип работы позиционной следящей системы управления фокусировкой и схемотехническое решение ее почти полностью аналогичны работе системы дистанционной установки диафрагмы, описание которой приведено ниже. Оба задающих потенциометра размещены в корпусе правой ручки КА-52М.

Первый задающий потенциометр расположен непосредственно под лицевой панелью. На оси потенциометра находится ручка установки дистанции объектива. На этой же оси закреплен лимб со шкалой дистанций. Шкала нанесена на оргстекло, значения дистанций выражены в относительных единицах, так как компоненты фокусировки вариообъективов «Радуга-М» и «Сокол 20×29» имеют различные законы изменения дистанции в зависимости от угла поворота шестерни, кроме того, в этих объективах различны значения минимальной дистанции.

Второй задающий потенциометр установлен в ручке КА-52М соосно тахогенератору и вращается с помощью того же маховика, которым производится фокусировка в обычном режиме. Для этого движок потенциометра через фрикцион связан с маховиком. При вращении маховика одновременно происходит вращение вала тахогенератора и движка задающего потенциометра. Как только движок дойдет до края намотки потенциометра, механические упоры воспрепятствуют дальнейшему вращению движка. Фрикцион предотвращает поломку механизма при дальнейшем вращении маховика. Тахогенератор при этом продолжает вращаться. Индикация включения в работу того либо другого потенциометра производится подсветкой шкалы соответствующего задающего потенциометра.

Система управления диафрагмой

Управление диафрагмой объектива ТВ-камеры, как правило, осуществляется дистанционно, с пульта видеинженера. В процессе всей телевизионной передачи видеинженер непрерывно контролирует уровень видеосигнала и при его увеличении или уменьшении возвращается к номинальному изменению диаметра диафрагмы объектива. Система дистан-

ционной установки диафрагмы объектива работает по принципу следящих систем. Следящая система воспроизводит на выходе входную величину, изменяющуюся по произвольному закону. При этом регулятор реагирует на рассогласование между входной и выходной величинами. Следящая система является системой регулирования по отклонению и характеризуется наличием жесткой обратной связи с выхода на вход, образующей замкнутый контур передачи сигналов.

Структурная схема следящей системы дистанционного управления диафрагмой объектива изображена на рис. 5.4. В системе происходит непрерывное сравнение измеряемого значения регулируемой величины с задаваемым. Задающий сигнал $U_{\text{зад}}$, пропорциональный углу поворота $\varphi_{\text{зад}}$ задающего потенциометра, складывается с сигналом $U_{\text{о.с}}$ датчика положения объекта регулирования (венца шестерни узла ирисовой диафрагмы вариообъектива). Результирующий сигнал $U_{\text{вх}}$ поступает на вход усилителя, усиливается в нем и в виде управляющего напряжения $U_{\text{упр}}$ подается на обмотку якоря исполнительного электродвигателя, который вращает венеч шестерни диафрагмы и кинематически связанный с ним датчик обратной связи по положению до тех пор, пока не установится равенство $U_{\text{зад}} + U_{\text{о.с}} = 0$, т. е. $\varphi_{\text{зад}} = \alpha_{\text{вых}}$, где $\alpha_{\text{вых}}$ — угол поворота движка потенциометра обратной связи. Иными словами, система обрабатывает значение заданного параметра — в данном случае требуемое значение диафрагмы объектива.

Упрощенная электрическая схема системы дистанционной установки диафрагмы приведена на рис. 5.5. Как видно из схемы, установку диафрагмы можно производить как с панели местного управления ПР-173, расположенной на блоке камерного канала БКК-1014, так и с дистанционной панели ПР-172. Место управления выбирается с помощью переключателя S1. При работе с дистанционной панели ПР-172 резисторы $R1, R2, R3, R12$ образуют потенциометрический мост. В уравновешенном состоянии ток в диагонали этого моста отсутствует и на входе усилителя A1 сигнал равен нулю. Как только движок задающего потенциометра R2 будет смещен в ту или другую сторону, происходит разбаланс моста, появляется ток в его диагонали и на вход усилителя поступает напряжение рассогласования, которое усиливается в нем. Напряжение с A1 открывает один из транзисторов VT1 (или VT2), и напряжение +12В (или -12В) подается на электродвигатель M2. Электродвигатель M2, подклю-

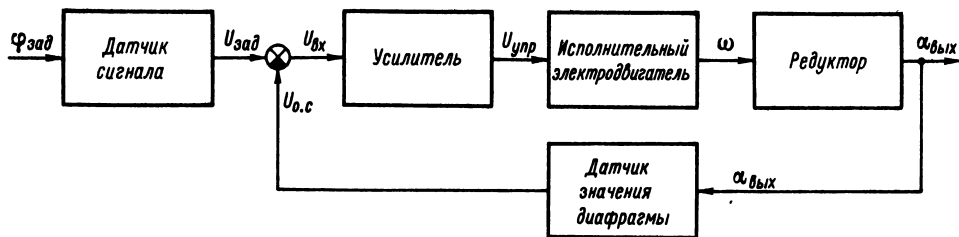


Рис. 5.4. Структурная схема системы диафрагмирования оптических головок камеры КТ-132

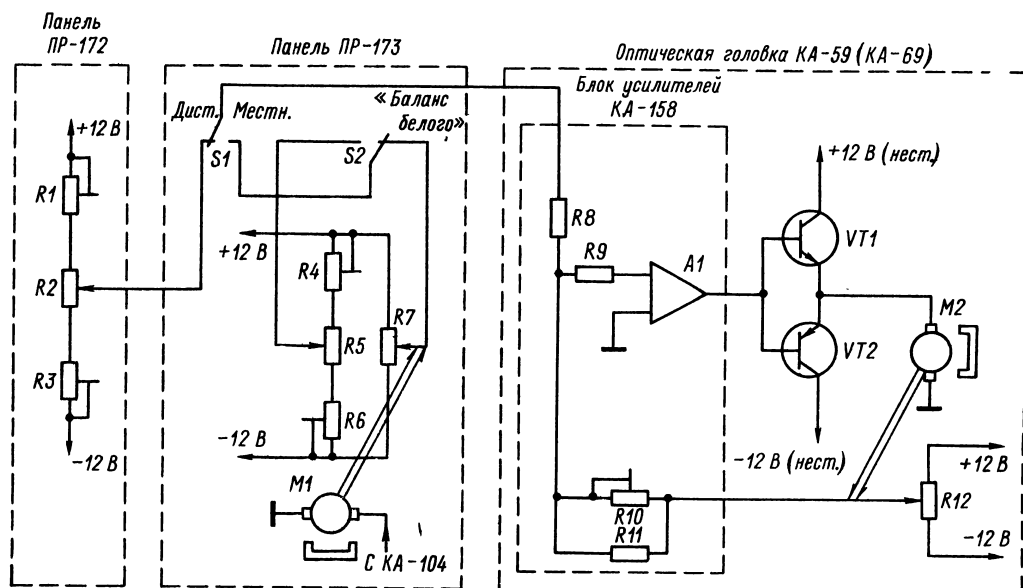


Рис. 5.5. Электрическая схема системы диафрагмирования оптической головки KA-59

ченный к выходу усилителя мощности, начинает вращаться, перемещая кольцо диафрагмы и кинематически связанный с ним движок потенциометра $R12$, причем вращение двигателя производится в направлении, приводящем к уменьшению разбаланса моста. Как только мост окажется уравновешенным, сигнал на входе усилителя уменьшится до нуля, электродвигатель остановится.

В качестве датчика задающего сигнала в системе используется прецизионный потенциометр типа ПТП11С с линейной зависимостью, снабженный рукояткой с лимбом. Шкала относительных отверстий нанесена на прозрачное оргстекло и при работе подсвечивается изнутри. Поскольку в объективах, предназначенных для телевизионного вещания, зависимость относительного отверстия от угла поворота венца шестерни диафрагмы линейная, то точность отработки (статическая ошибка) системы одинакова на любом участке в рабочем диапазоне и не превышает $1/4$ деления шкалы диафрагмы.

При эксплуатации камеры КТ-132 с вариообъективом «Сокол 20×29 » следует иметь в виду, что пределы диафрагмирования этого объектива отличаются от крайних значений вариообъектива «Радуга-М» (максимальное значение $1:2,1$ вместо $1:2,2$, минимальное — $1:22$ вместо $1:32$). Поэтому при установке на панели ПР-172 значений диафрагмы, которые отсутствуют в объективе «Сокол 20×29 », отработка этих значений происходить не будет. Например, если на панели будет установлена диафрагма $1:32$, то относительное отверстие объектива «Сокол 20×29 » при этом не станет меньше значения $1:22$. Подстроечные резисторы $R1, R3$ ($R4, R6$) служат для согласования границ диапазона на шкалах задающего органа и объектива. В качестве датчика обратной связи по положению также исполь-

зуют потенциометр ПТП11С с линейной зависимостью. В процессе настройки камеры в режиме баланса «белого» необходима установка диафрагмы объектива в определенной последовательности. Для этой цели с помощью переключателя $S2$ задающий сигнал на сервоусилитель диафрагмы подается с потенциометра $R7$, расположенного в конструктивной сборке электродвигатель — потенциометр, которая представляет собой малогабаритный электродвигатель постоянного тока $M1$, связанный через редуктор с движком потенциометра. Напряжение управления этим двигателем формируется в блоке КА-104. Задающее напряжение с панели ПР-172 или ПР-173 поступает по отдельному проводу камерного кабеля в камеру, а затем — в оптическую головку.

Питание всех систем управления оптико-механическими узлами объектива осуществляется от централизованного блока БП-460-а, который расположен в камере. При установке на камеру оптическая головка через врубной разъем подключается к цепям питания и к датчикам сигналов управления. В целях уменьшения габаритных размеров и массы блока питания цепи предварительных усилителей систем управления питаются стабилизированным напряжением ± 12 В, а выходные каскады — нестабилизированным напряжением. Усилители трех систем оптической головки идентичны по схемотехническому построению и расположены на одной печатной плате, образуя блок усилителей КА-158. Силовые транзисторы выходных каскадов включены по схеме эмиттерных повторителей положительной и отрицательной полярности, образующих мостовую схему, состоящую из комплементарных пар кремниевых транзисторов КТ814Б и КТ815Б, снабженных теплоотводящими радиаторами и конструктивно расположенных на отдельном узле.

Блок усилителей КА-158

Блок усилителей КА-158 состоит из трех параллельных и идентичных каналов усиления для систем управления масштабированием, фокусировкой и диафрагмированием. Коэффициент усиления k_U каждого канала 200—1000, входное сопротивление каждого канала не менее 100 кОм, минимальное сопротивление нагрузки каналов МАСШТАБ и ФОКУС 1 кОм, канала ДИАФРАГМА 500 Ом. Максимальное напряжение на выходе каналов МАСШТАБ и ФОКУС не менее 21 В, на выходе канала ДИАФРАГМА — не менее 10 В. Дрейф нуля каждого канала блока усилителей, приведенный ко входу, при выходном сопротивлении источника 3 кОм в диапазоне температур от -30 до $+50^\circ\text{C}$ не более 1 мВ. Питание блока усилителей осуществляется от напряжений $-12 \pm 0,4$ В, $12 \pm 0,4$ В относительно общей точки. Амплитуда пульсаций источников питания — не более 5 мВ, потребление от источников — 0,15 А.

Каждый из трех каналов блока усилителей отличается друг от друга лишь входными цепями и способом включения нагрузки, поэтому рассмотрим работу лишь одного из каналов, схема которого приведена на рис. 5.6. Общим узлом всех каналов блока усилителей является параметрический стабилизатор напряжения для питания входных каскадов, образованный стабилитронами $VD3$, $VD4$ и резисторами $R7$, $R14$. Основными функциональными узлами каждого из каналов являются: ограничитель входного

сигнала $VD1$, $VD2$, $R1$, элементы фильтрации входного сигнала $R2$, $R3$, $C1$, $C2$, входной каскад, представляющий собой операционный усилитель $A1$ типа К140УД1А с корректирующими цепями и элементами балансировки; эмиттерный повторитель на транзисторе $VT1$; промежуточный балансный каскад на транзисторах $VT2$, $VT3$; мостовой предоконечный каскад на транзисторах $VT4$ — $VT11$.

При отсутствии входного сигнала дифференциальный операционный усилитель входного каскада сбалансирован таким образом, что коллекторные токи транзисторов $VT2$ и $VT3$ промежуточного балансного каскада равны, а все транзисторы последующего мостового каскада на транзисторах $VT4$ — $VT11$ закрыты. Следовательно, напряжение в диагонали моста, образованного транзисторами $VT6$ — $VT9$, равно нулю. С помощью подстроечного резистора $R9$ достигается согласование внутреннего сопротивления датчика сигнала со входом усилителя, а потенциометром $R5$ производится окончательная балансировка промежуточного и выходного мостового каскадов, т. е. в диагонали мостового каскада устанавливается напряжение, близкое к нулю. Задающий сигнал поступает на неинвертируемый вход операционного усилителя $A1$, который зашунтирован двумя диодами $VD1$ и $VD2$, назначение которых — защита операционного усилителя от попадания на вход большого дифференциального напряжения. Если по какой-либо причине напряжение входного сигнала окажется выше допустимого, оно шунтируется одним из диодов

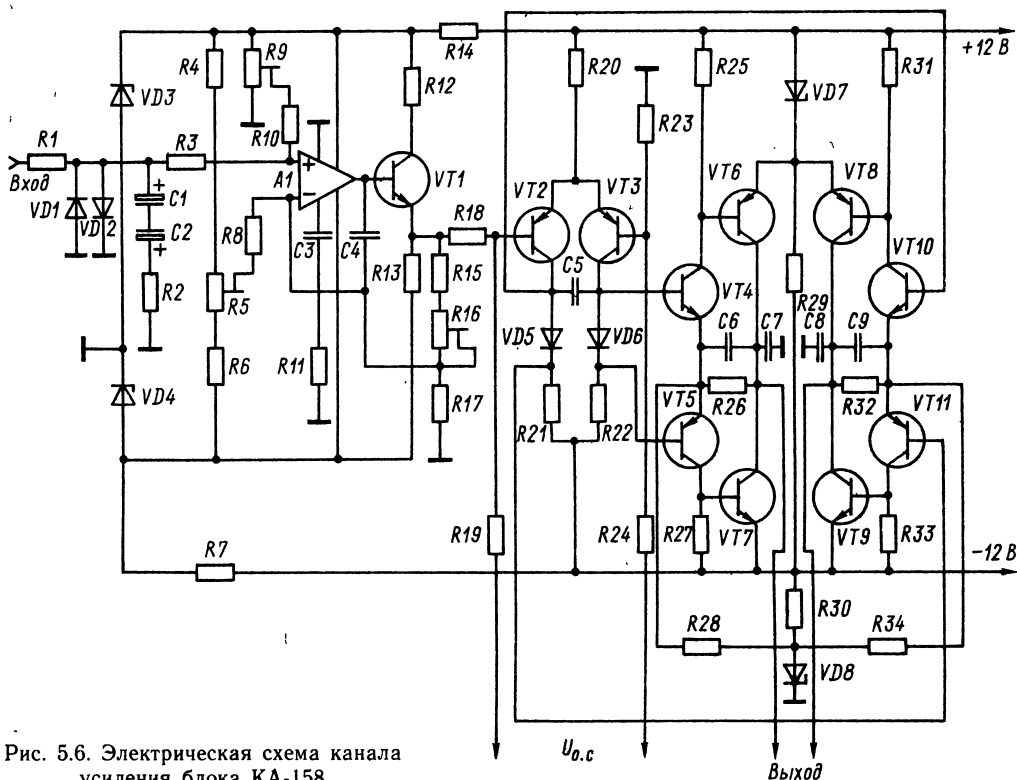


Рис. 5.6. Электрическая схема канала усиления блока КА-158

(в зависимости от полярности сигнала), и на входе усилителя напряжение не превышает прямого падения напряжения на этом диоде.

Резистор $R1$ ограничивает ток через диоды. На инвертируемый вход подаются напряжение балансировки, определяемое соотношением величин резисторов $R4 - R6$, и напряжение обратной связи с делителя, образованного резисторами $R15$, $R16$, $R17$. Регулировка коэффициента усиления осуществляется с помощью подстроечного резистора $R16$ изменением напряжения отрицательной обратной связи, подаваемого на инвертируемый вход операционного усилителя $A1$. Напряжение с выхода эмиттерного повторителя $VT1$ усиливается транзисторами $VT2$, $VT3$ промежуточного балансного каскада и поступает на вход мостовой схемы. Для согласования уровня выходных дифференциальных сигналов промежуточного балансного каскада на транзисторах $VT2$ и $VT3$ с напряжением на входах предоконечного каскада в цепь коллектора этих транзисторов включены диоды $VD5$ и $VD6$. Эмиттеры транзисторов $VT4$, $VT5$ и $VT10$, $VT11$ подсоединены к средним точкам делителей, образованных резисторами $R26$, $R28$ и $R32$, $R34$ соответственно. Один конец указанных делителей подсоединен к выходу мостового каскада усилителя, другой — к стабилитрону $D8$, имеющему напряжение стабилизации 5,6 В. Когда напряжение на выходах транзисторов $VT2$, $VT3$ балансного каскада равно 5,6 В, все транзисторы мостового каскада закрыты. При подаче с выхода эмиттерного повторителя сигнала на базу транзистора $VT2$ баланс каскада нарушается, напряжения на выходах каскада изменяются, четыре диагонально расположенных транзистора $VT4$, $VT6$, $VT9$, $VT11$ (или же $VT5$, $VT7$, $VT8$, $VT10$) откроются и на выходе появится напряжение определенной полярности. Резисторы $R19$ и $R24$ соединяют базы транзисторов балансного каскада непосредственно с исполнительным органом системы, т. е. электродвигателем, чем создается цепь обратной связи, которой охвачены два выходных каскада. Этим обеспечиваются линейность и стабильность характеристик данных каскадов. Резисторы $R25$, $R27$, $R29$, $R31$, $R33$, стабилитрон $VD7$ обеспечивают такой режим работы транзисторов выходного каскада, который обеспечивает закрытое состояние этих транзисторов при отсутствии напряжения с выхода промежуточного балансного каскада. Конденсаторы $C3 - C9$ предотвращают возникновение паразитной генерации каскадов усилителя. С целью уменьшения габаритных размеров и разброса параметров диоды $VD1$, $VD2$, $VD5$, $VD6$, транзисторы предоконечных каскадов $VT4$, $VT5$, $VT10$, $VT11$ применяются в составе диодных и транзисторных сборок.

На плате блока усилителей КА-158 расположены три идентичных канала усиления. Выходной каскад канала диафрагмирования в отличие от двух других каналов построен не по мостовой схеме, поэтому его схема несколько видоизменена (см. рис. 5.5). Коллекторы выходного каскада питаются разнополярным напряжением, а нагрузка, т. е. обмотка

исполнительного электродвигателя, подключена одним концом к точке соединения эмиттеров транзисторов $VT1$ и $VT2$, а другим — соединена с общей шиной. Базы этих транзисторов подключены к одному из выходов усилителя; напряжение с другого выхода не используется, поэтому элементы, формирующие это напряжение, из схемы усилителя канала диафрагмирования изъятые. На печатной плате блока КА-158 расположены также элементы схемы ограничения входного сигнала каналов масштабирования и фокусировки, работа которых была описана выше, и электромагнитное реле РЭС-49, обеспечивающее коммутацию сигналов с датчиков в системе фокусировки при переводе ее из режима стабилизации скорости в режим позиционной следящей системы. Управление этим реле осуществляется напряжением 27 В, которое подается с ручки КА-52М при нажатии одной из кнопок: ПОЗИЦИОННАЯ 1 или ПОЗИЦИОННАЯ 2.

Конструктивно блок усилителей выполнен в виде печатной платы из фольгированного стеклотекстолита с двусторонней печатью размерами 180×110 мм, снабженной разъемом типа ГРПМ-45ШУ2. Печатные проводники блока усилителей КА-158 служат перемычкой для нестабилизированных напряжений -15 и $+15$ В, которые питают силовые транзисторы выходных каскадов всех трех систем оптической головки и транзитом проходят через блок КА-158. Эта мера предосторожности позволяет исключить возможность работы выходных транзисторов в режиме с оторванной базой при случайном изъятии блока КА-158. Кожух оптической головки изготовлен из алюминиевого сплава и оклеен изнутри звукопоглощающим материалом. Для удобства транспортировки на задней стенке головки предусмотрен вырез для руки.

5.3. Оптическая головка КА-69

Передающую ТВ-камеру КТ-132 можно комплектовать также оптической головкой КА-69, которая сконструирована на базе светосильного 20-кратного вариообъектива «Сокол 20×29 ». Механические характеристики этого объектива, необходимые для разработки приводов и систем управления, приведены в табл. 5.2. Конструкция крепления головки КА-69 к камере и ее посадочные размеры абсолютно одинаковы с головкой КА-59. Увеличенные по сравнению с вариообъективом «Радуга-М» габаритные размеры и масса объектива «Сокол 20×29 » потребовали нового конструктивного подхода к разработке оптической головки, размещения в ней приводов.

Описание конструкции головки

Кинематическая схема оптической головки КА-69 изображена на рис. 5.7. Выходными элементами вариообъектива «Сокол 20×29 » 17 являются зубчатое колесо диафрагмы 11, зубчатое колесо масштабирования 15 и зубчатый сектор 1 компонента фокусировки.

Механизмы приводов масштабирования и фокусировки КА-161 и КА-159 выполнены в ви-

Таблица 5.2

Механические параметры кинематических узлов вариообъектива «Сokol 20×29»

Функциональное назначение управляемого привода	Изменение параметра	Рабочий угол выходной шестерни, °	Момент нагрузки, Нм		Выходная шестерня			Время отработки диапазона, с	Уровень акустических шумов, дБА*
			при $T = 25^\circ\text{C}$ $\alpha = 0^\circ$	при $T = -30^\circ\text{C}$, $\alpha = \pm 30^\circ$	Число зубьев	Модуль	Угол наклона зубьев, °		
Изменение фокусного расстояния Установка дистанции съемки Установка относительного отверстия	29—585 мм	270	0,29	0,58	195	0,8	20	2	47
	3 м — ∞	112	0,15	0,26	240	0,8	20	2	47
	1:2,1 ÷ 1:22 (до $f' = 290$ мм); 1:4 ÷ 1:22 (при $f' = 585$ мм)	92 (рабочий); 104 (полный)	0,08	0,14	185	0,8	0	3,5	47

* На расстоянии 1 м от объектива.

де двухступенчатого редуктора с передаточным числом, равным 16. Первое скоростное звено в целях снижения уровня акустических шумов выполнено в виде передачи с двумя клиновидными ремнями из низкотемпературной резины, а второе звено — шестеренчатая цилиндрическая пара с модулем зуба $m=0,8$. Большой диаметр передней линзы объектива не позволил разместить механизм привода фокусировки 7 непосредственно над зубчатым сектором 1 компонента объектива, поэтому на секторной базе его установлен кронштейн с приводной шестерней 2 и удлинительным валом 3, который с помощью шпонки жестко соединен с механизмом привода фокусировки 7.

В состав механизма фокусировки 7 помимо редуктора входят исполнительный электродвигатель 6, тахогенератор 5 обратной связи по

скорости, двоянный потенциометр 4 обратной связи по положению. Механизм диафрагмирования 9 имеет в своем составе исполнительный электродвигатель 10 и потенциометр обратной связи 8. Механизм масштабирования 12, содержащий электродвигатель 13, тахогенератор 14, потенциометр 16, по конструктивному исполнению полностью идентичен механизму фокусировки.

Электрическая схема оптической головки КА-69 не имеет принципиальных отличий от электрической схемы оптической головки КА-59. Массы, а следовательно, моменты инерции оптических компонентов масштабирования и фокусировки объектива «Сokol 20×29» существенно больше, чем объектива «Радуга-М», поэтому схема ограничения входного сигнала для снижения скорости движения компонента при подходе к крайним упорам объектива, примененная в головке КА-59, будет действовать неэффективно. Для головки КА-69 разработана более совершенная схема ограничения входного сигнала. Принцип работы ее использован и в более поздних разработках (см. описание работы головки КД-80).

На рис. 5.8 приведен график зависимости относительного отверстия вариообъектива «Сokol 20×29» от его фокусного расстояния. Как видно из рисунка (кривая 1), установленное начальное относительное отверстие 1:2,1 при увеличении фокусного расстояния от минимального не изменяется вплоть до 10-кратного начального фокусного расстояния, т. е. до $f' = 290$ мм, а затем при дальнейшем изменении f' до 585 мм

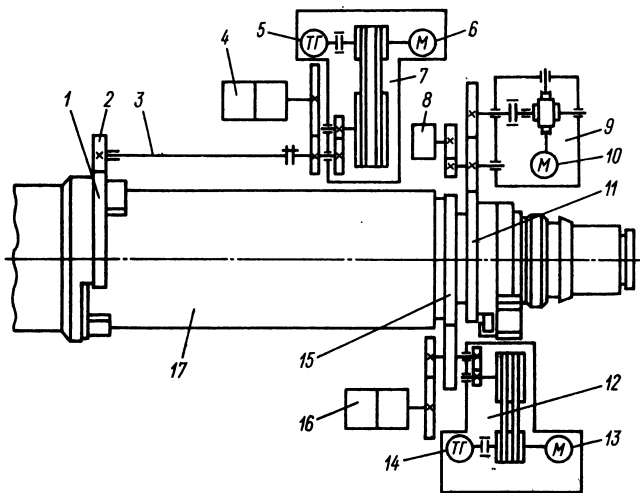


Рис. 5.7. Кинематическая схема оптической головки КА-69

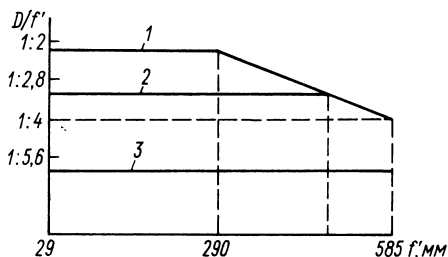


Рис. 5.8. Зависимость относительного отверстия вариообъектива «Сокол 20×29» от его фокусного расстояния

уменьшается до 1:4 пропорционально увеличению фокусного расстояния. Если начальное значение диафрагмы 1:2,1 ÷ 1:4, то при изменении фокусного расстояния от минимального до максимального (кривая 2) светосила объектива начинает снижаться в точке пересечения кривой 2 с наклонной ветвью кривой 1. При начальном значении $D/f' < 1:4$ (кривая 3) относительное отверстие вариообъектива остается неизменным во всем диапазоне изменения фокусного расстояния.

Экспериментальные исследования объективов «Сокол 20×29» показали, что для сохранения высокого качества изображения, устранения паразитных засветок на участке падения светосилы необходимо уменьшать диаметр полностью открытой начальной диафрагмы до фактического значения светосилы. Формирование управляющего сигнала коррекции диафрагмы производится с помощью функционального устройства, подключенного в контур следящей системы перед сервоусилителем и реализующего указанную выше зависимость. Подробное описание принципа работы этого функционального узла — см. на с. 108.

Узел коррекции диафрагмы представляет собой печатную плату, которая располагается на кронштейнах, под кожухом оптической головки. Исполнительный механизм КА-160 осуществляет дистанционную установку диафрагмы и производит ее коррекцию. Ввиду того, что момент вращения узла диафрагмирования объектива «Сокол 20×29» несколько выше момента объектива «Радуга-М», в механизме привода КА-160 в отличие от аналогичного механизма головки КА-59 применен более мощный электродвигатель ДПМ 25-Н1-05. Габаритные размеры этого двигателя абсолютно такие же, как для двигателя ДПМ25-Н1-02.

5.4. Оптическая головка TV29.1

Часть ТВ-камер КТ-132 укомплектована оптическими головками TV29.1, которые были разработаны и изготовлены специально для этой камеры фирмой «Шнайдер». В состав системы управления вариообъектива «Вариогон 2,1/20-600» на базе которого разработана эта головка, входят следующие узлы и блоки: сервомодуль системы масштабирования SE 04-0045; сервомодуль системы фокусировки SE 04-0045; привод диафрагмы TV29.1-U9; блок электроники диафрагмы TV29.1-U17;

ручка масштабирования SE 04-0003; ручка фокусировки SE 04-0005; кабель, соединяющий оптическую головку с ручкой масштабирования TV29.1-U19; кабель соединяющий ручку масштабирования с ручкой фокусировки, SE 04-0002-U7.

Оптическую головку TV29.1 устанавливают на камеру КТ-132 точно так же, как и оптические головки КА-59 и КА-69, разница лишь в способе соединения головки с органами управления. Так как сигналы управления от ручек не проходят транзитом через камеру, то кроме врубного разьема на корпусе оптической головки имеется разъем, соединяющий ее с ручками управления. Напряжение питания и сигнал управления диафрагмой поступают через врубной разъем из камеры. Ручки управления с помощью зажимов крепятся на переходных устройствах, устанавливаемых на камере.

По схемотехническому решению системы управления головкой TV29.1 имеют отличия от описанных систем управления вариообъективами камеры КТ-132, но основные принципы построения и технические решения одни и те же.

Система управления масштаб и фокусировкой

Системы управления масштаб и фокусировкой по принципу работы и конструктивному исполнению во многом идентичны. Система масштабирования — это система стабилизации скорости в зависимости от входного сигнала, а системы фокусировки и диафрагмирования — позиционные следящие системы. Все датчики входного сигнала потенциометрические. За исключением конструкций задающих органов и способа их подключения, схемное построение систем масштабирования и фокусировки полностью одинаково. Большая часть элементов системы масштабирования расположена в сервомодуле, представляющем собой электромеханическое устройство, устанавливаемое в оптическую головку и соединенное с ней с помощью плавающего врубного разьема и подпружиненного механического сочленения. Сервомодуль имеет в своем составе печатную плату с автономными стабилизаторами напряжений, питающими усилители предварительного каскада. Кроме того, в сервомодуле размещены предварительный усилитель системы и его выходной каскад, исполнительный электродвигатель, тахогенератор, потенциометр обратной связи по положению, редуктор. Для предотвращения передачи вибраций на корпус сервомодуля и вариообъектив высокоскоростной редуктор закреплен на корпусе модуля через амортизирующие прокладки. Угол поворота выходного вала сервомодуля 1080°, что составляет полных три оборота. Диапазон регулирования угла $(0 \div 1080) \pm 25^\circ$. Частота вращения выходного вала электродвигателя зависит от задающего напряжения и составляет 0,25—180 об/мин. Напряжения питания сервомодуля ± 14 — ± 36 В относительно общей точки. Сила потребляемого тока по этим ценам изменяется от 0,1 до 1,8 А в зависимости от момента нагрузки выходного вала сервомодуля и напряжения питания.

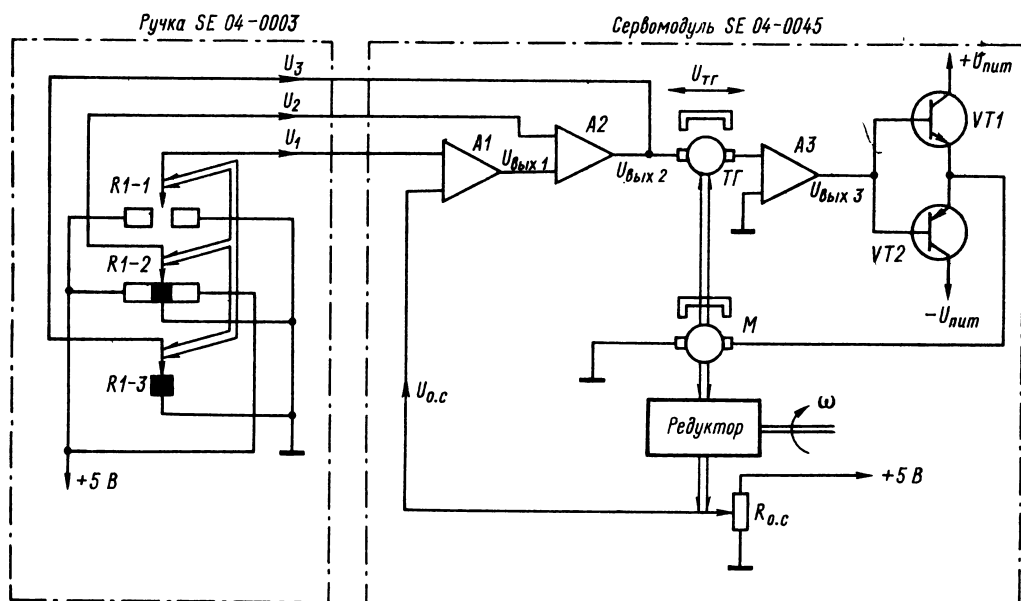


Рис. 5.9. Электрическая схема системы масштабирования оптической головки TV29.1

На примере работы системы масштабирования рассмотрим работу сервомодуля SE 04-0045 и органов управления этой системы. Функциональная схема сервомодуля привода и органов управления приведена на рис. 5.9. При отклонении эксцентрикового кольца задающего органа на ручке SE-04-0003 ось блока потенциометров $R1$ поворачивается. На вход усилителя $A1$ поступает задающий сигнал с потенциометра $R1-1$, который представляет собой переменный проводочный резистор с зоной разрыва в середине, который находится на одной оси с потенциометрами $R1-2$ и $R1-3$. По существу потенциометр $R1-1$ является переключателем с зоной нечувствительности, подающим на вход усилителя $A1$ напряжение либо 5 либо 0 В. Эти напряжения определяют направление вращения исполнительного электродвигателя.

Напряжение U_2 , которое задает частоту вращения исполнительного электродвигателя, формируется потенциометром $R1-2$. Чем больше угол отклонения движка этого потенциометра от средней зоны, тем большее напряжение снимается с его движка, тем выше частота вращения электродвигателя M . Напряжение U_2 поступает на вход усилителя $A2$, на другой вход этого усилителя подается напряжение с выхода операционного усилителя $A1$. Усилитель $A2$ суммирует сигналы $U_{\text{вых}1}$ и U_2 , и на его выходе формируется напряжение $U_{\text{вых}2}$, полярность которого определяет направление вращения, а значение — частоту вращения электродвигателя M . С выхода $A2$ напряжение $U_{\text{вых}2}$ складывается с напряжением тахогенератора обратной связи по скорости $ТГ$ и поступает на сервоусилитель $A3$, усиливается в нем и в виде $U_{\text{вых}3}$ подается через эмиттерные повторители на якорь исполнительного электродвигателя M . Следовательно, частота вра-

щения электродвигателя определяется выходным напряжением усилителя $A3$. Двигатель вращается с заданной частотой до тех пор, пока напряжение U_1 датчика, определяющего направление вращения электродвигателя M , и напряжение $U_{0.c}$ с движка потенциометра обратной связи по положению не сравняются. Происходит остановка электродвигателя. Итак, потенциометр $R_{0.c}$ является датчиком положения остановки компонента масштабирования в зоне его механических упоров.

В целях предотвращения самопроизвольного движения компонента при наличии остаточного напряжения на датчике, дрейфа нуля усилителей $A1—A3$ в задающем органе системы масштабирования имеется датчик нулевого положения $R1-3$, который соединяет с корпусом выход усилителя $A2$ при нахождении движка задающего потенциометра $R1-2$ в средней зоне. При этом любой сигнал, поступающий на вход сервоусилителя $A3$, шунтируется на корпус через контакты этого датчика. На входе усилителя $A3$ суммируются напряжение с выхода усилителя $A2$ и напряжение тахогенератора $ТГ$ обратной связи по скорости.

Система управления фокусировкой головки TV29.1 выполнена на базе того же сервомодуля SE 04-0045 и отличается лишь конструкцией датчика задающего сигнала и способом подачи сигналов управления. Задающее напряжение U_1 поступает с движка позиционного потенциометра, т. е. потенциометра, не имеющего принудительного возврата движка в начальное положение, который питается напряжением 5 В, а сигналы U_2 и U_3 на усилитель $A2$ не подаются, так как система управления фокусировкой при таком включении является позиционной следящей системой и поэтому явление самопроизвольной расфокусировки в ней наблюдаться не будет.

Система дистанционной установки диафрагмы

Система диафрагмирования оптической головки TV29.1 представляет собой позиционную следующую систему, отрабатывающую положение задающего потенциометра, установленного на панели видеорежиссера ПР-173. Все элементы системы диафрагмирования, кроме задающего потенциометра, расположены в двух конструктивных узлах оптической головки — узле привода диафрагмы TV29.1 — U9 и блоке электроники диафрагмы TV29.1 — U17.

Механизм привода диафрагмы TV29.1 — U9 включает электродвигатель, расположенный на одном валу с ним тахогенератор обратной связи по скорости, редуктор и потенциометр обратной связи по положению. Управляющее напряжение питания электродвигателя привода диафрагмирования формируется в блоке электроники диафрагмы TV29.1 — U17. Конструктивно этот блок выполнен в виде двух печатных плат. Плата TV29.1-U16 содержит стабилизаторы напряжений, которые необходимы для работы системы диафрагмирования, и транзисторы выходного каскада сервоусилителя диафрагмы. Плата TV29.1-U15 представляет собой функционально законченный узел, предназначенный для коррекции диафрагмы. Принцип действия этого узла аналогичен принципу действия узла коррекции диафрагмы оптической головки КД-80 (см. п. 5.6). На печатной плате узла коррекции расположена табличка с номограммой, позволяющей определить истинное значение светосилы вариообъектива в зависимости от заданного значения начальной установки диафрагмы и фокусного расстояния. В тех случаях, когда истинное значение относительного отверстия попадает в зону, где падение светосилы нельзя компенсировать открытием диафрагмы, загорается сигнальный светодиод, расположенный на корпусе головки TV29.1.

Система дистанционной установки нейтральных светофильтров камеры КТ-132

Передающая ТВ-камера КТ-132 обеспечивает номинальные качественные показатели при освещенности на объекте не более 1000 лк при относительном отверстии 1:4. Кратность регулирования освещенности на фотоприемных узлах передающих трубок, которую можно производить с помощью диафрагмы объектива, 60—100, что значительно меньше возможного перепада освещенности на объекте. Поэтому в оптической системе камеры КТ-132 предусмотрена возможность ввода нейтральных светофильтров с пропусканием $\tau=0,25$ и 0,5, управление вводом и выводом которых осуществляется дистанционно с панели ПР-173 блока камерного канала. Камера КТ-132 предназначена для создания как студийных передач при источниках света с цветовой температурой $T_{\text{цв}}=3200$ К, так и для внестудийной работы при $T_{\text{цв}}=6500$ и 9200 К. Для согласования спектральных характеристик системы цветоделения с цветовой температурой источников освещения в камере имеются два цветокорректирующих фильтра. Как нейтральные, так и цветокорректирующие фильтры распо-

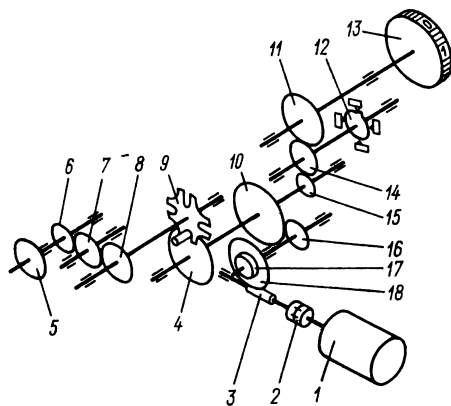


Рис. 5.10. Кинематическая схема механизма привода нейтральных светофильтров камеры КТ-132

ложены относительно друг друга под углом 90° на двух соосно установленных дисках, входящих в механизм светофильтров КА-61, который закреплен на призмном блоке ПП-82 между вариообъективом и цветоделителем.

Диски с корректирующими светофильтрами устанавливают вручную с помощью маховика, расположенного на боковой стенке камеры. Ввод нейтральных фильтров или заслонки производят как вручную с помощью аналогичного маховика 13, так и дистанционно — с панели ПР-173 с помощью механизма смены светофильтров КА-61. Кинематическая схема механизма приведена на рис. 5.10.

Диск (на схеме не показан) имеет четыре положения, соответствующие фильтрам с $\tau=0,25, 0,5$ и 1 и заслонке с $\tau=0$. Вращение диска нейтральных фильтров в режиме дистанционной установки осуществляется электродвигателем постоянного тока ДПМ20-01-02. С вала двигателя 1 вращение передается через зубчатую обрезиненную муфту 2 на двухзаходный червяк 3 через червячное колесо 18, текстолитовую цилиндрическую пару 10 и 16, четырехлопастный мальтийский механизм 4, 9, цилиндрическую передачу 6—8 на выходную зубчатую шестерню 5, входящую в зацепление непосредственно с зубчатым ребром диска светофильтров. Ручную установку диска осуществляют поворотом маховика 13 через шестерни 11, 14 и 15 на поводок мальтийского креста 4 и далее на выходную шестерню, как и при дистанционной установке. Обратной передачи вращения червячного колеса на червяк и электродвигатель не происходит, так как угол подъема червячной пары мал. Фрикцион 17 червячного колеса 18 отрегулирован на момент 0,015 Н·м, и при превышении этого момента он проскальзывает на валу относительно червячного колеса 18. Доступ к регулировочной гайке фрикциона обеспечивается через отверстие в корпусе механизма. На одном валу с шестерней 14, угол поворота которой в точности соответствует углу поворота диска светофильтров, закреплен кулачок 12, нажимающий на шток одного из четырех микропере-

лючателей типа МП-7 в положении, когда центр светофильтра совместится с оптической осью объектива.

При нажатии видеоинженером на панели ПР-173 одной из кнопок, соответствующей установке требуемого светофильтра или заслонки, в блоке камерного канала формируется код данного положения диска, который передается по системе телеуправления (СТУ) в камеру, там дешифруется и в виде напряжения 27 В поступает на соответствующий микропереключатель. Через замкнутый контакт микропереключателя напряжение подается на обмотку якоря электродвигателя привода светофильтров. Последний начинает вращаться, приводя в движение через механизм диск с установленными на нем светофильтрами, шестерню 14 и кулачок 12. Как только центр требуемого фильтра (или заслонки) установится по оптической оси камеры, кулачок нажимает на шток микропереключателя, цепь питания электродвигателя замыкается и последний останавливается. При этом вращается маховик ручного привода с нанесенными на его боковые грани цифрами, которые могут служить для контроля правильности установки фильтра. Время установки любого фильтра не превышает 2 с.

5.5. Системы управления оптико-механическими узлами ТВ-камеры КТ-178

Трехтрубную камеру IV поколения КТ-178 можно оснащать одним из двух оптико-механических комплексов: ОМК-1 с вариообъективом ОЦТ 35×13 П или ОМК-2 с вариообъективом ОЦТ 10×14 П. Системы управления подвижными узлами этих комплексов по своему схемотехническому и конструктивному решению максимально унифицированы, а оптические головки с указанными объективами, электронные блоки и электромеханические узлы, входящие в эти головки, полностью взаимозаменяемы. Механизм смены нейтральных фильтров и установки диапроектора, входящий в состав камеры КТ-178, используется как для комплекса ОМК-1, так и для комплекса ОМК-2.

Общая характеристика

Основные механические характеристики кинематических узлов вариообъективов ОЦТ 35×13 П и ОЦТ 10×14 П и механизма установки нейтральных светофильтров приведены в табл. 5.3. Оптическая головка, разработанная на базе вариообъектива ОЦТ 35×13 П, получила шифр КД-80, а оптическая головка с вариообъективом ОЦТ 10×14 П — КД-81. Управление подвижными компонентами оптико-механического комплекса камеры КТ-178 осуществляется с помощью электромеханических приводов, устанавливаемых на головке и в самой камере. Ручкой левой КД-73 оператор производит управление положением оптических компонентов изменения фокусных расстояний, вводом экстендерной насадки, включением режима репродукционной съемки, наводкой на резкость в режиме репродукционной съемки.

Как видно из табл. 5.3, сменная экстендерная насадка предусмотрена только на объективе ОЦТ 10×14 П, поэтому органы управления вводом и выводом экстендерной насадки при работе с объективом ОЦТ 35×13 П бездействуют. Режим репродукционной съемки также возможен только с объективом ОЦТ 10×14 П, и органы управления макрофокусировкой с другим объективом не функционируют. Ручкой правой КД-70 оператор производит наводку на резкость в режиме обычной съемки. На этой ручке находится тумблер включения режима, при котором чувствительность задающего органа фокусировки оказывается зависимой от фокусного расстояния вариообъектива, установленного при съемке. Такой режим эффективен лишь при работе с вариообъективом ОЦТ 35×13 П, так как только на больших фокусных расстояниях уменьшается глубина резкости вариообъектива. При установке на одну из ручек блока сервисного управления КД-71 оператор имеет возможность осуществлять предварительный набор заранее установленных фокусных расстояний или дистанций съемки. Блоки сервисного управления можно устанавливать одновременно и на обе ручки камеры. Установка нейтральных фильтров, заслонки, диапроектора, регулировка диафрагмы, а также переключение системы диафрагмирования в режим автоматического поддержания освещенности производится видеоинженером как с панели местной ПР-241, расположенной в блоке камерного канала, так и с панели дистанционной ПР-242. В тех случаях, когда камера КТ-178 используется в режиме дистанционной работы, она устанавливается на панорамирующую головку Б-1941, ручки КД-73 и КД-70 с камеры снимаются, разъемы камеры, которые соединялись с ручками управления, соединяются с помощью переходных кабелей с соответствующими разъемами панорамирующей головки. Управление вариообъективом в этом случае осуществляется с панели П-79 пульта оператора, который может располагаться на расстоянии до 1000 м от камеры.

Система управления подвижными узлами оптико-механических устройств телевизионного комплекса КД-1 питается напряжением постоянного тока 200 ± 10 В, поступающим из блока питания БП-878-6 камерного канала БКК-1062 в камеру и оптическую головку. В оптической головке располагается импульсный блок питания БПИ-8-а, преобразующий напряжение 200 В в ряд напряжений, необходимых для функционирования систем управления: 12, —12,5 В и нестабилизированные напряжения 15 и —15 В для питания выходных каскадов сервоусилителей.

Конструкция оптической головки КД-80

Высокие требования, предъявляемые к ТВ-камерам в части взаимозаменяемости отдельных узлов и блоков, возможности оперативного ремонта предопределили конструктивные решения, использованные при разработке оптической головки КД-80. Проектирование конструкции вариообъектива ОЦТ 35×13 П проводи-

лось с учетом компоновки электромеханических и электронных узлов оптической головки.

Упрощенная кинематическая схема головки КД-80 приведена на рис. 5.11. Как видно из этой схемы, конструкция вариообъектива предполагает использование двух одинаковых механизмов для приводов масштабирования и фокусировки. При этом рабочие углы поворота узлов объектива должны быть одинаковыми. Сочленение приводных механизмов с кинематическими узлами объектива осуществляется не с помощью венцов зубчатых колес, опоясывающих вращающиеся части объектива, а с помощью выходных валов, расположенных в местах установки приводов. Выходной вал 1 компонента фокусировки установлен на шестерне, соединенной с венцом зубчатого колеса, и посажен в подшипниках на корпус объектива. Аналогичную конструкцию имеет и выходной вал 10 компонента масштабирования. На объективе 5 предусмотрены посадочные поверхности для установки исполнительных механизмов (сервомодулей). Сервомодуль фокусировки 2 располагается под объективом, вдоль его

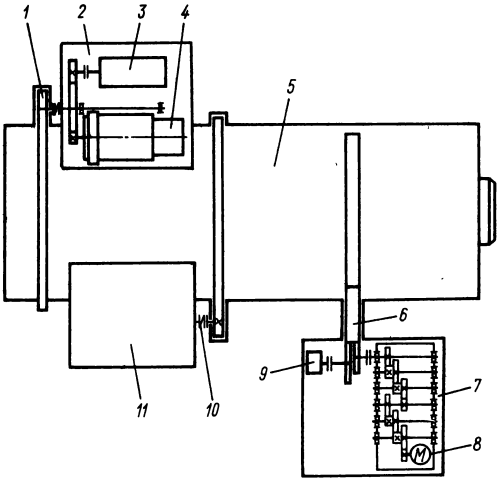


Рис. 5.11. Кинематическая схема оптической головки КД-80

Таблица 5.3

Механические параметры кинематических узлов вариообъективов и механизма установки нейтральных светофильтров

Функциональное назначение управляемого привода	Изменение параметра	Рабочий угол, °	Момент нагрузки, Нм		Вид сочленения с приводом
			при $T = 25^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 0$	при $T = -30^{\circ}\text{C}$, $\alpha = \pm 35^{\circ}$	
Изменение фокусного рас- стояния Установка дистанции съемки Установка относительно- го отверстия	Вариообъектив ОЦТ 35×13 П				
	13—460 мм	2700	0,025	0,025	Вал
	0,78 м — ∞	2700	0,025	0,025	
	1:1,7÷1:32 (до $f' = 150$ мм); 1:5,1÷1:32 (при $f' = 460$ мм)	227 (рабочий); 237 (полный)	0,0052	0,0052	Зубчатое ко- лесо ($z = 95$; $m = 0,5$)
Изменение фокусного рас- стояния Фокусировка в режиме реп- родукционной съемки Установка дистанции съемки Установка относительно- го отверстия Ввод экстен- дерной насад- ки Установка нейтральных фильтров	Вариообъектив ОЦТ 10×14 П				
	14—140 мм	0—2362,5	0,0105	0,04	Вал
	0,6—0,04 м	2362,5—2700	0,0105	0,04	
	0,6 м — ∞	2700	0,0058	0,05	
	1:1,8÷1:22 (1:2,7 — 1:33 с экстендером)	195 (рабочий); 195 $\frac{1}{31}$ (пол- ный)	0,005	0,005	Зубчатое ко- лесо ($z = 95$; $m = 0,5$) То же ($z = 75$; $m = 0,4$) То же ($z = 282$; $m = 0,4$)
	1,5×	46	0,25	0,25	
	$\tau = 1; 0,5; 0,1; 0$ (за- слонка)	3×90	0,04		
Примечание. Время отработки 2 с.					

оптической 'оси, под углом 180° относительно сервомодуля масштабирования 11. Для установки сервомодуля в оптическую головку необходимо расположить модуль в соответствующем месте, состыковать электрический разъем головки и сервомодуля и закрепить рычажным упором, причем после установки сервомодуля никаких дополнительных регулировочных операций по согласованию положения механизма и объектива не требуется. Передача момента вращения от электродвигателя сервомодуля к подвижному узлу вариообъектива осуществляется с помощью разъемной подпружиненной муфты.

В качестве исполнительного элемента сервоусилителя использован электродвигатель — тахогенератор ДТГ-4-3Т2 4, который представляет собой агрегат, состоящий из коллекторного двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и закрепленного с ним на одной оси тахогенератора постоянного тока. Этот агрегат разработан специально для маломощных приводов ТВ-аппаратуры. Отличительными особенностями такого агрегата являются наличие безлюфтового соединения электродвигателя с тахогенератором и низкий собственный уровень акустических шумов, который строго нормируется и контролируется на заводе-изготовителе при производстве этих электрических машин. С помощью фланцевого крепления электродвигателя установлен на корпусе сервомодуля. Выходной вал двигателя нагружен на шестеренчатый редуктор, а выход последнего через фрикцион и пружинную разъемную муфту соединяется с приводным валом соответствующего подвижного компонента вариообъектива. Кроме двигателя — тахогенератора — в сервомодуле располагается потенциометрический датчик положения подвижной группы линз.

Датчиком сигнала служит 20-оборотный проволочный потенциометр 3 типа ППМЛ-И-10-0,5-01-3Г, связанный с выходным валом сервомодуля через фрикцион, который позволяет устанавливать сервомодуль без предварительного согласования положения выходного вала подвижного узла вариообъектива и положения движка потенциометра. В модуле расположена также печатная плата с элементами сервоусилителя системы. Снаружи сервомодуль закрывается металлическим звукоизолирующим кожухом, способствующим снижению акустических шумов и вибраций. Узел управления диафрагмой объектива также имеет отличия от традиционных конструктивных решений. Венец зубчатого колеса диафрагмы сочленяется с паразитной шестерней 6, которая является выходным элементом узла диафрагмирования и к которой подсоединяется механизм привода диафрагмы 7. На одной стороне этой шестерни нанесена оцифровка шкалы диафрагмы. В состав механизма привода диафрагмы кроме многоступенчатого понижающего редуктора входят исполнительный электродвигатель 8 и потенциометр 9. В верхней части оптической головки, в симметрично вертикальной продольной плоскости, расположены два электронных блока, которые представляют собой печатные платы из фольги-

рованного стеклотекстолита. Установка их на оптическую головку производится с помощью разъемов типа ГРПМ-31ШУ2. Вариообъектив с установленными на нем электромеханическими и электронными узлами и блоками с помощью фланцевого соединения крепится к несущей плите. Последняя навешивается на петли камеры и фиксируется на ней специальной защелкой. Слева, вблизи несущей плиты оптической головки, где диаметр объектива минимальный, устанавливается вторичный источник питания — БПИ-8-а.

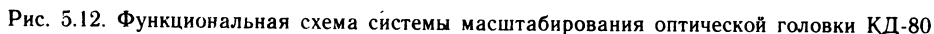
Рациональная компоновка электромеханических и электронных узлов оптической головки КД-80 позволяет ремонтно-эксплуатационным службам в минимальные сроки произвести замену и ремонт неисправных блоков и узлов. Электрические соединения цепей камеры и головки осуществляются с помощью ножевого 30-контактного разъема, расположенного на установочной плите головки и лицевой панели камеры. На головку надевается металлический кожух, внутренняя поверхность которого покрыта звукоизолирующим материалом. При транспортировке объектив головки с двух сторон закрывается защитными крышками. В связи с этим следует быть внимательным при установке головки на камеру: наличие защитной крышки на выходном отверстии объектива может привести к поломке светофильтров камеры.

Принципиальных различий как конструктивных, так и схемотехнических головки КД-80 и КД-81 не имеют. Головка КД-81 имеет лишь дополнительный привод механизма установки экстендера с соответствующей схемой управления.

Система управления масштабированием вариообъективов камеры КТ-178

В оптических головках камеры КТ-178 в системах управления масштабированием и фокусировкой вариообъективов применяется традиционная схема регулирования скорости, построенная на электродвигателях постоянного тока по принципу компенсации возмущений. Рассмотрим функционирование системы управления масштабированием вариообъективов камеры КТ-178.

Функциональная схема системы масштабирования приведена на рис. 5.12. Основной режим работы системы — это режим поддержания постоянства скорости. Задающий сигнал $U_{\text{зад ск}}$, который формируется датчиком «Масштаб скоростной», пропорционален углу поворота $\varphi_{\text{зад}}$ задающего потенциометра, проходит без изменения через схему ограничения входного сигнала (при условии, что подвижная группа линз компонента масштабирования находится не вблизи краевых упоров), через коммутационные ячейки переключателей 1 и 2, и в виде $U_{\text{вх}}$ подается на вход сервоусилителя. Сервоусилитель усиливает напряжение сигнала до напряжения, необходимого для управления электродвигателем механизма привода масштабирования. Вращение двигателя через редуктор передается на подвижку компонента масштабирования вариообъектива. Положение этого



Напряжение $U_{0, \text{с. поз.}}$ в качестве управляющего сигнала поступает на системы управления фокусировкой объектива и дистанционной установки диафрагмы. В целях предотвращения самопроизвольного движения механизма масштабирования, которое может возникнуть под влиянием наводок на цепи прохождения входного сигнала сервоусилителя, особенно при дистанционной работе камеры, в системе масштабирования предусмотрена блокировка работы механизма сервопривода масштабирования при отсутствии сигнала с выхода датчика «Масштаб скоростью». С этой целью в систему введена схема формирования команды «Стоп-М», под воздействием которой коммутатор 2 подключает вход сервоусилителя системы на корпус. Как только оператор ТВ-камеры смещает задающий орган датчика сигнала «Масштаб скоростью», на выходе этого датчика появляется напряжение $U_{\text{зад ск.}}$. При $U_{\text{зад ск.}} >$

Система управления масштабированием вариообъектива предусматривает возможность работы в позиционном следующем режиме. Для этой цели имеется датчик сигнала «Масштаб позиционный», который вырабатывает задающее напряжение $U_{\text{зад поз}}$, пропорциональное углу поворота движка задающего потенциометра. Одновременно с этим напряжением датчик формирует команду «Позиционный», под воздействием которой коммутатор 1 подключает на вход сервоусилителя сигнал

Система будет обрабатывать этот сигнал до тех пор, пока $U_{\text{зад. поз.}} = U_{\text{о. с. поз.}}$.

Возврат в основной режим — режим поддержания постоянства скорости — происходит без каких-то дополнительных переключений: оператору достаточно сместить задающий орган датчика «Масштаб скоростной». Команда «Работа» снимает действие команды «Позиционный», коммутатор 1 возвращается в исходное состояние, сигнал $U_{\text{зад ск}}$ проходит через коммутаторы 1 и 2 на вход сервоусилителя. Схема формирователя команды «стоп-М» построена таким образом, что последняя снимается под воздействием команды «Работа» только

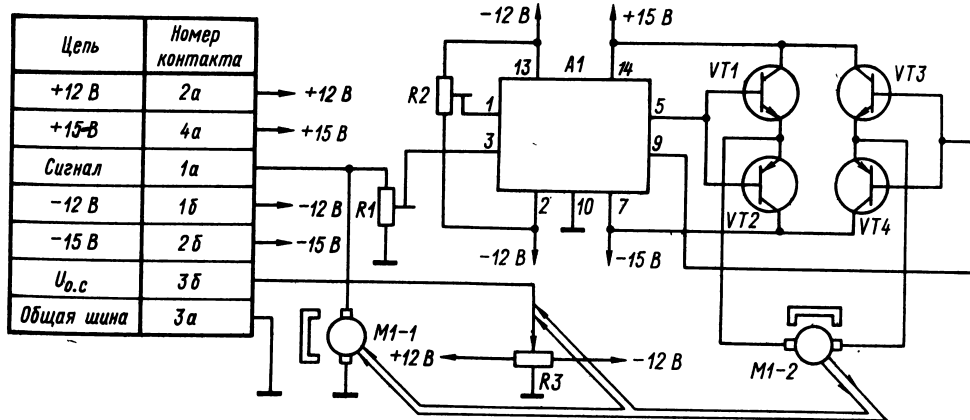


Рис. 5.13. Электрическая схема сервомодуля системы масштабирования (фокусировки) оптических головок камеры КТ-178

при обязательном отсутствии внешних команд «Диaproектор» и «Запрет М-Д».

Такой порядок взаимодействия команд позволяет: 1) блокировать работу системы масштабирования, обладающей большим энергопотреблением, при включенном диапроекторе, чем обеспечивается облегченный режим работы блока питания камеры; 2) предотвращать явление самопроизвольного масштабирования вследствие наводок, особенно в режиме дистанционной работы; 3) блокировать дальнейшее движение компонента масштабирования в сторону увеличения фокусного расстояния в тех случаях, когда это приводит к некомпенсируемому падению светосилы объектива, эта блокировка может сниматься путем выключения команды «Запрет М-Д» на ручке КД-73.

Рассмотрим схемную реализацию описанных технических решений. Наиболее важным конструктивным узлом оптической головки является сервомодуль, который содержит практически все элементы привода, исключая задающий орган: исполнительный электродвигатель, редуктор, усилитель сервопривода с выходным каскадом, датчик обратной связи по скорости и положению.

Электрическая схема сервомодуля системы масштабирования (фокусировки) изображена на рис. 5.13. Высокие требования к системам управления современных ТВ-камер определили элементную базу разработок и выбор применяемых электрорадиоэлементов. Используемые в ранних разработках исполнительные электродвигатели постоянного тока, механически сочлененные с тахогенераторами, оказались неприемлемыми для современных конструкций. Возникающие под действием люфтов между электродвигателем и тахогенератором автоколебания существенно ограничивают коэффициент усиления системы, увеличивают время переходных процессов. Допустимый угловой люфт тахогенератора $\theta_{\text{гр}} = 0,00017 \div 0,00051$ рад. В целях получения таких малых люфтов для управляемых электромеханических приводов ТВ-аппаратуры был разработан электродвигатель-тахогенератор, который объединяет электродвигатель и тахогенератор в один агрегат. На схеме

они обозначены соответственно М1-2 и М1-1. Ниже приведены основные характеристики двигателя-тахогенератора ДТГ-4-3Т2.

Номинальная мощность, Вт	4
Номинальное напряжение питания, В	27
Номинальная частота вращения, об/мин	3000
Номинальный момент, Н·м	0,013
Номинальная сила тока, А	0,5
Напряжение трогания на холостом ходу, В	Не более 3
Сопротивление нагрузки тахогенератора, Ом	6000
Крутизна выходной характеристики тахогенератора, мВ/об/мин	Не менее 6
Пульсация напряжения тахогенератора (при $n = 30 \div 3000$ об/мин), %	Не более 10
Уровень акустических шумов (при $n = 3000$ об/мин, на расстоянии 0,5 м), дБА	Не более 35
Масса, кг	Не более 0,4

Электродвигатель-тахогенератор имеет рациональное конструктивное исполнение и низкий уровень электромагнитных помех, что очень важно для ТВ-аппаратуры. Он рассчитан на продолжительный режим работы, но при кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы полезный момент нагрузки на валу электродвигателя может быть увеличен. Обмотка якоря электродвигателя включена в диагональ транзисторного моста, образованного комплементарными парами мощных кремниевых транзисторов VT1—VT4 типов КТ816Б и КТ817Б. Управляющее напряжение на базы транзисторов поступает с выхода предварительного усилителя А1, который представляет собой гибридную микросборку частного применения типа К04УТ008, специально разработанную для использования в различных управляемых приводах с электродвигателями постоянного тока. Электрическая схема микросборки К04УТ008 изображена на рис. 5.14, где 1—14 — выходные контакты (на рисунке показаны не все).

Микросборка К04УТ008 представляет собой дифференциальный усилитель постоянного тока

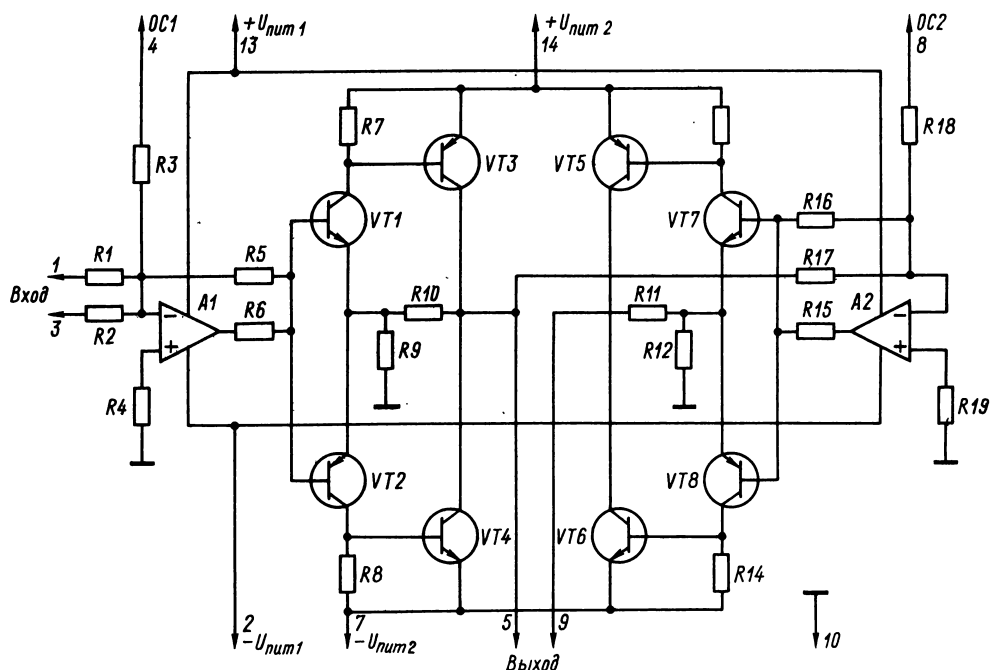


Рис. 5.14. Электрическая схема микросборки K04YT008

с мостовым выходом. Инвентурируемый вход операционного усилителя (ОУ) А1 является входом микросборки, а инвертируемый вход ОУ А2 соединен со средней точкой двухтактного выходного каскада, на который нагружен ОУ А1. Таким образом, сигналы на входах усилителя постоянного тока всегда имеют противоположные знаки. Балансировка усилителя производится подстроечным потенциометром R2 (см. рис. 5.13), который расположен на печатной плате. На этой же плате находится потенциометр R1, которым производится регулировка глубины обратной связи по ско-

рости. Коммутаторы 1 и 2 (см. рис. 5.12), представляющие собой переключатели аналоговых сигналов КР590КН4 и элементы схемы ограничения входного сигнала, расположены на печатной плате блока усилителей КД-801М. Упрощенная электрическая схема этого функционального узла приведена на рис. 5.15.

На каждый из неинвертируемых входов операционных усилителей А1 и А3 подаются результирующие напряжения сигналов смещения и обратной связи по положению. Для операционного усилителя А1 это напряжение определяется положением движков потенцио-

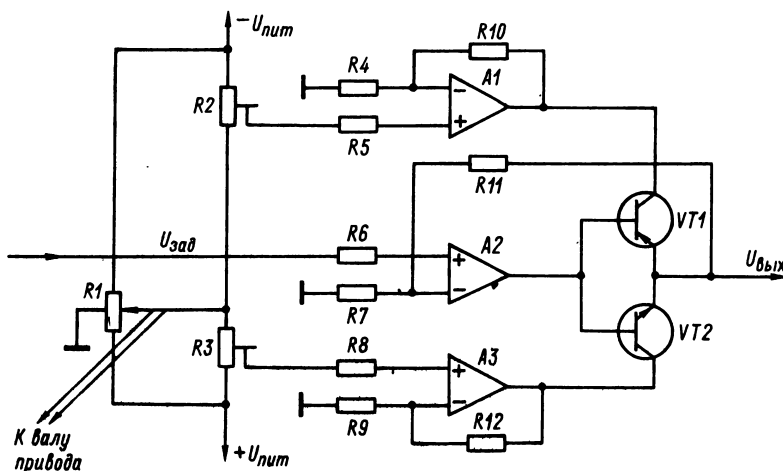


Рис. 5.15. Электрическая схема ограничителя входного сигнала

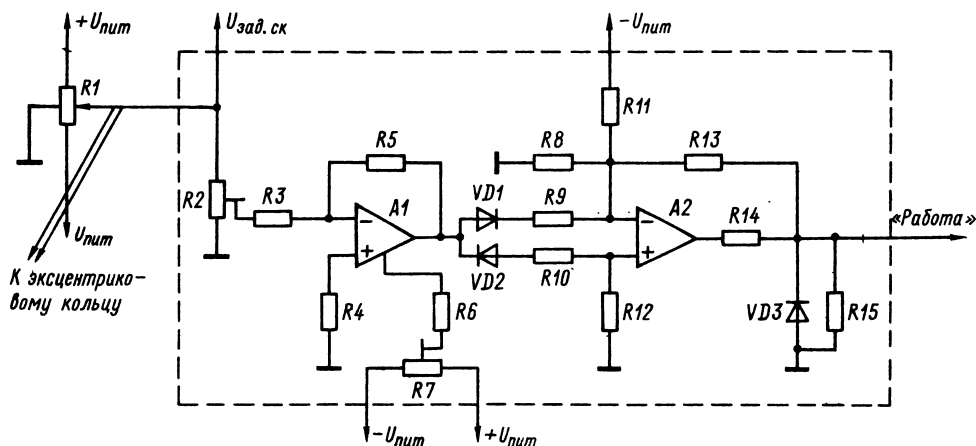


Рис. 5.16. Электрическая схема формирования сигнала «Работа»

метра обратной связи $R1$ и подстроечного резистора $R2$, для усилителя $A3$ — положением движков $R1$ и $R3$. В рабочей зоне перемещения компонента (между крайними упорами) напряжение $R1$ меняется в таких пределах, что усилители $A1$ и $A3$ находятся в режиме насыщения, и их выходные напряжения имеют максимальные значения, а полярности выходных напряжений имеют противоположные знаки. Эти напряжения питают коллекторы транзисторов $VT1$ и $VT2$, представляющие собой эмиттерные повторители: $VT1$ — сигнала отрицательной полярности, а $VT2$ — сигнала положительной полярности. При таких условиях входной сигнал $U_{\text{зад}}$ без ограничения проходит через операционный усилитель $A2$, имеющий коэффициент усиления по напряжению $k_U = 1$, и один из эмиттерных повторителей и в виде $U_{\text{вых}}$ подается на вход сервоусилителя системы масштабирования. При подходе подвижной группы линз компонента масштабирования к границам рабочего диапазона напряжение с потенциометра обратной связи $R1$ приведет к уменьшению результирующего сигнала и усилитель $A1$ (или $A3$, в зависимости от того, к какому краю сместился движок потенциометра обратной связи $R1$) выходит из зоны насыщения, его выходное напряжение падает.

Задающий управляющий сигнал на выходе схемы будет ограничен снижающимся напряжением питания эмиттерного повторителя, а в крайних положениях подвижного оптического компонента задающий сигнал этой же полярности уменьшается до нуля. Если в этом положении компонента масштабирования полярность задающего сигнала изменится на противоположную, то входной сигнал ограничиваться не будет. Таким образом, схема ограничения задающего сигнала вблизи границ рабочего диапазона перемещения оптического компонента уменьшает сигнал при такой полярности, которая приводит к движению компонента в этом направлении. Сигнал противоположной полярности вблизи границ рабочего диапазона проходит через схему без огра-

ничения. Задающий сигнал системы управления компонентом масштабирования при работе ее в режиме стабилизации скорости вырабатывается в ручке левой КД-73 камеры КТ-178. Там же формируется команда «Работа», при наличии которой возможно движение компонента. Электрическая схема узла формирователя сигнала команды приведена на рис. 5.16.

Напряжение ± 12 В из оптической головки транзитом через камеру подается на потенциометр $R1$, являющийся датчиком сигнала, и на цепи питания операционных усилителей $A1$ и $A2$. В качестве датчика использован проволоочный прецизионный потенциометр ПТП11С с функциональной зависимостью, позволяющей обеспечивать малые приращения выходного напряжения при небольших отклонениях движка потенциометра от средней точки. Возвратный пружинно-кулачковый механизм обеспечивает возврат движка и установку его в среднее положение. Остаточное напряжение после возврата движка не должно превышать 5 мВ, максимальное напряжение при полном отклонении гашетки на ручке управления влево и вправо составляет $10 \pm 0,5$ и $-10 \pm 0,5$ В соответственно. Задающее напряжение $U_{\text{зад ск}}$ с движка потенциометра $R1$ поступает на оптическую головку и на схему формирования команды «Работа». Рассмотрим работу этой схемы.

С потенциометрического делителя $R2$ напряжение поступает на инвертируемый вход операционного усилителя $A1$, который предназначен для усиления входного сигнала. Балансировка этого усилителя осуществляется подстроечным резистором $R7$. Операционный усилитель $A2$ работает как двухходовый однопороговый компаратор биполярных сигналов с цепью формирования на выходе логических напряжений уровней ТТЛ. Как только напряжение с выхода $A1$ превысит заданное значение, на выходе схемы формируется напряжение логической «1» ТТЛ, которое является командой «Работа» для системы масштабирования. Эта команда подается в оптическую головку. Уро-

вень напряжения, при котором срабатывает пороговое устройство, регулируется подстроечным резистором $R2$.

Все элементы схемы формирователя расположены на печатной плате, которая помещена в корпусе ручки левой КД-73. (Такая же плата для аналогичной цели расположена в ручке фокусировки КД-70.) Ручка КД-73 крепится в камере с помощью невыпадающего винта и зубчатой полумуфты, позволяющей ориентировать ее под различными углами к камере. Электрическое соединение ручки с цепями камеры осуществляется кабелем с закрепленным на нем разъемом. На корпусе ручки имеется также разъем для подключения блока сервисного управления КД-71. Сам блок крепится с помощью скобы на несущей трубе ручки. Блок сервисного управления представляет собой устройство, формирующее задающий сигнал $U_{\text{зад. поз.}}$, а также формирующее команду «Позиционный» перехода системы масштабирования в режим следящего привода. Наличие такого устройства позволит оператору заранее, например на репетиции, выбрать пять любых значений фокусного расстояния из всего диапазона и поочередно, в любой последовательности оперативно устанавливать нужный масштаб передаваемого изображения. Упрощенная электрическая схема блока сервисного управления дана на рис. 5.17.

Датчиками сигнала позиционной следящей системы масштабирования являются потенциометры $R7 - R11$, напряжения с движков которых подаются на сигнальные входы коммутатора аналоговых сигналов $D6$ типа КР590КН6. Эта интегральная микросхема, выполненная по МОП-технологии, является коммутационной матрицей с организацией входов 8×1 , управляемой трехразрядным двоичным кодом, напряжениями, совместимыми с уровнями ТТЛ.

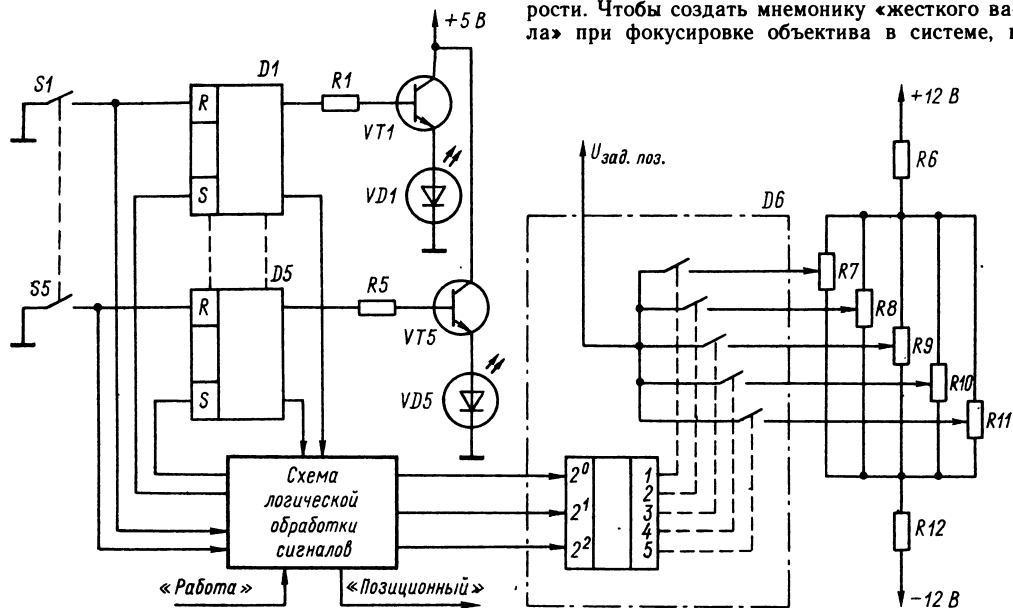
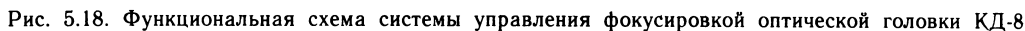


Рис. 5.17. Электрическая схема блока сервисного управления КД-71

Работа блока сервисного управления производится следующим образом: оператор, нажимая одну из кнопок, например $S1$, устанавливает RS-триггер $D1$ в такое положение, при котором на прямом его выходе устанавливается потенциал логического 0. Этот сигнал поступает на схему логической обработки сигналов, которая формирует и выдает на управляющие входы коммутатора $D6$ код нажатой кнопки, под воздействием которого коммутатор $D6$ подключает напряжение с движка соответствующего потенциометра на вход следящей системы. Одновременно на S-входы остальных триггеров сервисного блока подается импульс, устанавливающий их в противоположное триггеру $D1$ состояние, а на оптическую головку поступает команда «Позиционный», переключающая систему в режим следящей работы. Потенциал с инверсного входа триггера $D1$ поступает на базу транзистора $VT1$, который открывается и питает светодиод $VD1$, индицирующий о подключении к системе требуемого датчика. При переходе в режим скоростной системы команда «Работа», отключающая сигнал позиционного датчика от входа, переводит инверсные выходы всех триггеров сервисного блока в состояние, приводящее к погасанию всех светодиодов. Блок сервисного управления можно подключать к системам масштабирования и фокусировки в отдельности, можно устанавливать на обе системы одновременно.

Система управления фокусировкой вариообъективов камеры КТ-178

Система управления фокусировкой вариообъектива камеры КТ-178 незначительно отличается от системы управления масштабированием. Ее функциональная схема приведена на рис. 5.18. Отличие заключается в типе датчика сигнала системы в режиме стабилизации скорости. Чтобы создать мнемонику «жесткого вала» при фокусировке объектива в системе, в



Тахогенератор 2,5 ТГП-10Т2 представляет собой малолшумную электрическую машину постоянного тока, которая разработана специально для использования в вещательных ТВ-камерах ЦТВ. Характерной особенностью этого тахогенератора является высокая крутизна его характеристики, равная 10 мВ/об/мин. Такая крутизна выходной характеристики тахогенератора позволяет применять его в качестве датчика в системе, полностью имитирующей мнемонику «жесткого вала». Вал тахогенератора связан через ускоряющий шестеренчатый редуктор с передаточным числом $i=3$ с трехлопастным маховиком, которым оператор осуществляет наводку на резкость. Ось вращения маховика расположена перпендикулярно к оптической оси объектива. Вращение по часовой стрелке этого задатчика скорости фокусирования изображения приводит к наводке на резкость объектов, расположенных на минимальной дистанции, т. е. на расстоянии 0,78 м, а вращение против часовой стрелки — к фокусировке предметов, удаленных на бесконечность. (Наводка на резкость варнообъектива ОЦТ 10×14 П в режиме макрофокусировки производится с помощью других оптических компонентов; описание работы этой системы управления — см. на с. 44.)

мым усилием. Это позволяет оператору регулировать «вязкое трение» задающего органа. Усилие вращения рукоятки фокусировки устанавливается с помощью винта с радиальными ребрами, который расположен на задающей рукоятке, соосно ее вращению. Как и для системы масштабирования, на ручке фокусировки имеется разъем для подключения блока сервисного управления. Как видно из функциональной схемы, работа системы фокусировки почти полностью идентична работе системы масштабирования. Несущественные различия заключаются в следующем: а) сервоусилитель системы фокусировки охвачен дополнительной отрицательной обратной связью, которая регулирует чувствительность задающего органа; б) на схему формирования команды «Стоп-Ф» не подается команда «Запрет Ф-Д», т. е. фокусировка вариообъектива не зависит от значения диафрагмы.

84

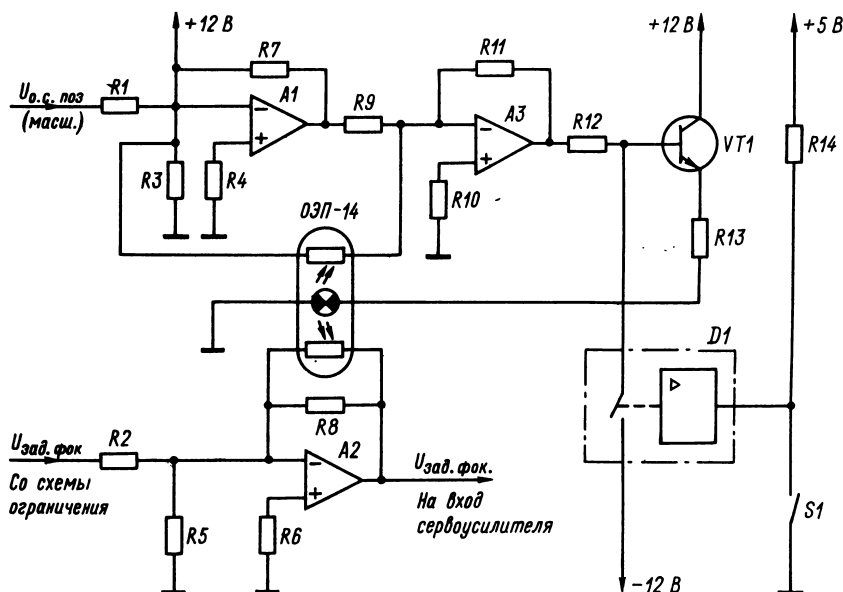


Рис. 5.19. Электрическая схема устройства для изменения чувствительности системы фокусировки от фокусного расстояния

фокусировки введено функциональное устройство, реализующее зависимость чувствительности задающего органа фокусировки от фокусного расстояния вариообъектива, позволяющее поддерживать идентичность влияния органа управления на фокусировку в любом диапазоне фокусных расстояний вариообъектива. Электрическая схема его приведена на рис.5.19.

В канал системы управления фокусировкой введен дополнительный усилитель, глубина отрицательной обратной связи которого регулируется одним из фоторезисторов дифференциального оптрона ОЭП-14. Сопротивление каждого из фоторезисторов обратно пропорционально силе света лампы накаливания оптрона, а следовательно, силе тока накала. Чем больше значение фокусного расстояния объектива, тем больше напряжение, поступающее на усилитель А2, тем больше открывается транзистор VT1, тем ярче светится лампа накаливания оптрона, включенная в эмиттерную цепь этого транзистора. При желании систему коррекции чувствительности системы фокусировки в зависимости от фокусного расстояния вариообъектива можно отключить тумблером S1, который находится на ручке правой КД-70. При этом ключ D1 замыкается, транзистор VT1 запирается независимо от напряжения на выходе усилителя А2, так как на его базу через коммутатор D1 подается напряжение — 12 В. Для стабильной работы схемы усилитель А1 охвачен отрицательной обратной связью, в цепь которой включен другой фоторезистор дифференциального оптрона. Элементы описанной системы, как и элементы схемы ограничения входного сигнала канала фокусировки, расположены на печатной плате блока управления КД-801М.

Система управления диафрагмой

Система управления диафрагмой вариообъектива камера КТ-178 наиболее сложна в функционировании и имеет много сложных взаимосвязей между различными узлами системы. Функциональная схема системы диафрагмирования приведена на рис. 5.20. Наиболее частый и употребительный режим ее работы — дистанционная установка диафрагмы. Этот режим работы принципиально ничем не отличается от описанного в работе [5]. Управление диафрагмой при этом производится в режиме обычной позиционной следящей системы. Однако в систему управления введены схемотехнические решения, отличающие ее от предыдущих разработок. Как обычно, задающий потенциометр располагается на панели видеоинженера. Сигнал, определяющий диафрагму, требуется передать в оптическую головку ТВ-камеры. В прежних разработках для этой цели в камерном кабеле, соединяющем камеру с каналом, выделялась служебная линия. В камере КТ-178 при работе с триаксальным кабелем такой возможности не существует. Поэтому информация о сигнале задающего органа диафрагмы передается в камеру следующим образом: на панели местного управления ПР-241 (или панели дистанционного управления ПР-242, которая для простоты изложения на схеме не указана) с помощью потенциометрического датчика формируется задающее напряжение $U_{\text{зад. диаф.}}$, пропорциональное углу $\varphi_{\text{зад}}$ движения потенциометра, которое поступает через переключатель S1-1 в восьмизрядный аналого-цифровой преобразователь АЦП, где преобразуется в двоичный код. Дискретность преобразования — 256 градаций. С АЦП информация считывается, и кодовая

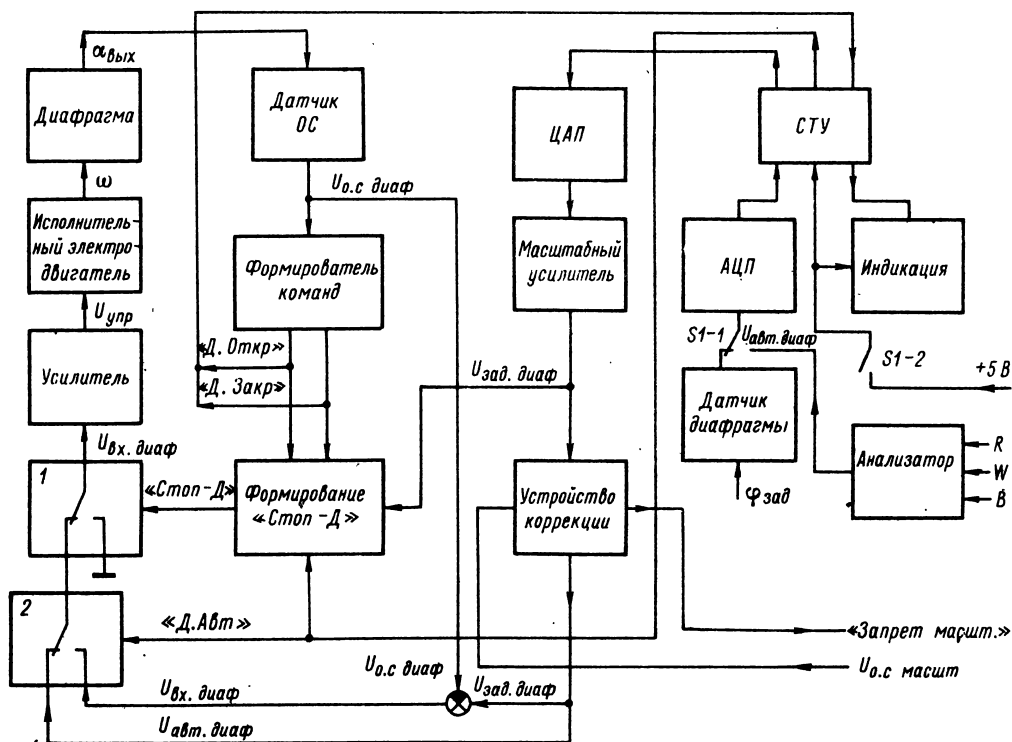


Рис. 5.20. Функциональная схема системы диафрагмирования камеры КТ-178

посылка поступает в блок кодирования системы телеуправления и передается по линии связи в камеру в составе сигнала ТУ 1 двухполярными импульсами размахом 0,5 В, которые распределены по строкам. Опрос состояния выхода АЦП и передача информации производятся циклически.

В камере происходит декодирование сигнала телеуправления, последовательный код посылки преобразуется в параллельный (на схеме этого не показано) и далее поступает на цифроаналоговый преобразователь ЦАП. В интервалах, разделяющих циклы опроса, аналоговый сигнал с выхода ЦАП запоминается в ячейке аналоговой памяти. С выхода ЦАП напряжение, эквивалентное задающему, поступает на масштабный усилитель с коэффициентом усиления по напряжению $k_U = 3,5$, функция которого заключается в том, чтобы привести к одному уровню сигналы задающего потенциометра и потенциометра обратной связи. Далее напряжение проходит через устройство коррекции диафрагмы (принцип действия описан ниже) и на сумматоре складывается с сигналом обратной связи по положению. Результирующий сигнал $U_{\text{авт. диаф}}$ через коммутаторы 1 и 2 поступает на вход сервоусилителя системы, усиливается в нем и в виде $U_{\text{упр. диаф}}$ подается на якорь электродвигателя. С помощью исполнительного электродвигателя происходит изменение диаметра диафрагмы и поворот движка потенциометра обратной связи до полного согласования углов задающего потенциометра и потенциометра обратной связи.

В камере КТ-178 предусмотрен режим, поддерживающий постоянство уровня видеосигнала независимо от освещенности объекта — режим автоматического диафрагмирования. Система автоматического диафрагмирования поддерживает на выходе камерного канала размах 0,65 В того из сигналов R , N , B , который в данный момент максимален.

Режим автоматической регулировки диафрагмы АРД включается с панели ПР-241 (или ПР-242) нажатием кнопки $S1$. При этом команда в виде высокого потенциала ТТЛ через $S1-1$ поступает в систему телеуправления, на панели загорается светодиод, индицирующий о включении этого режима, а переключатель $S1-1$ подключает выход анализатора АРД к входу АЦП. Сигналы R , W , B , подлежащие анализу, поступают на вход анализатора АРД, который выделяет наибольший из этих сигналов и формирует задающее напряжение для управления сервоприводом системы диафрагмирования вариообъектива. Сигнал автоматического диафрагмирования $U_{\text{авт. диаф}}$ через систему телеуправления передается на оптическую головку, где через коммутаторы 2 (при наличии на управляющем входе последнего команды $D. Авт.$) и 1 поступает на вход усилителя системы диафрагмирования. При размахе видеосигнала 0,65 В сигнал на выходе анализатора равен 1,5 В, напряжение на обмотке якоря исполнительного электродвигателя не превышает напряжения трогания и он неподвижен. При отклонении уровня видеосигнала от значений 0,65 В на-

пряжение на выходе анализатора изменится и будет отличным от значения 1,5 В. Это отклонение напряжения приводит к возникновению управляющего сигнала на входе системы, вызывающего вращение электродвигателя, который изменяет диаметр диафрагмы, а следовательно, и уровень видеосигнала до номинального значения.

При работе в режиме автоматического диафрагмирования в условиях низкой или чрезвычайно высокой освещенности может возникнуть ситуация, когда диапазон диафрагмирования не может перекрыть диапазона изменения освещенности. Например, при низкой освещенности диафрагма открывается полностью, но уровень видеосигнала не достигает еще своего номинального значения. Управляющий сигнал продолжает поступать на вход усилителя, электродвигатель вращается, преодолевает сопротивление фрикциона, развивая при этом пусковой момент, что может привести к поломке механической части привода или к выходу из строя электродвигателя. Для предотвращения подобных явлений в схеме предусмотрено логическое устройство, которое с помощью коммутатора 1 отключает вход усилителя от шины сигнала $U_{\text{авт. диаф}}$ и подает на вход усилителя потенциал общей шины. Это происходит в случае, когда венец шестерен диафрагмы объектива уже достиг одного из крайних упоров, а анализатор, формирующий сигнал автоматического диафрагмирования, продолжает выдавать напряжение такой полярности, которое приводит к повороту венца в сторону упора. При этом логическое устройство формирует команду «Стоп-Д», которая немедленно останавливает привод диафрагмирования, а команда «Д.Откр» (или «Д.Закр») с формирователя команд с помощью системы телеуправления передается в составе сигнала ТУ-2 в камерный канал на панель ПР-241, включает на ней соответствующий светодиод, информируя видеинженера о том, что диафрагма приняла свое крайнее положение и, следовательно, дальнейшее изменение видеосигнала

в эту сторону с помощью диафрагмы невозможно.

Рассмотрим схемотехнические и конструктивные решения функциональных узлов системы диафрагмирования и описание их работы. Выходным устройством системы диафрагмирования является исполнительный механизм, электрическая схема которого приведена на рис. 5.21. В состав этого механизма входят исполнительный электродвигатель постоянного тока типа ДПР32-Н1-02, редуктор, потенциометр обратной связи $R4$ типа СП5-21А, кинематически связанный с выходной шестерней механизма, печатная плата, на которой расположен предварительный усилитель — гибридно-пленочная микросборка типа К04УТ008, транзисторы $VT1$ и $VT2$ выходного каскада, подстроечные резисторы $R2$ и $R3$ для регулировки коэффициента усиления и балансировки усилителя.

Функциональное назначение устройств формирования команд «Стоп-Д», «Д.Откр», «Д.Закр» — предотвращение подачи управляющего сигнала на вход сервоусилителя при работе системы в режиме автоматического диафрагмирования, когда система диафрагмирования уже отработала весь диапазон диафрагмы до ее механического упора, но анализатор видеосигнала продолжает выдавать сигнал на дальнейшее изменение диафрагмы в ту же сторону и на формирование команды «Д.Откр» (или «Д.Закр»). При изменении знака сигнала APD на противоположный он должен поступать на вход сервоусилителя, не уменьшаясь.

Принципиальная схема устройства формирования сигналов при работе в режиме автоматического диафрагмирования приведена на рис. 5.22. Сигналы «Д.Откр» и «Д.Закр» формируются пороговыми устройствами — компараторами, выполненными на операционных усилителях $A1$ и $A3$, которые в зависимости от знака разности входных напряжений оказываются в насыщении. Компараторы напряжения являются простейшими преобразовате-

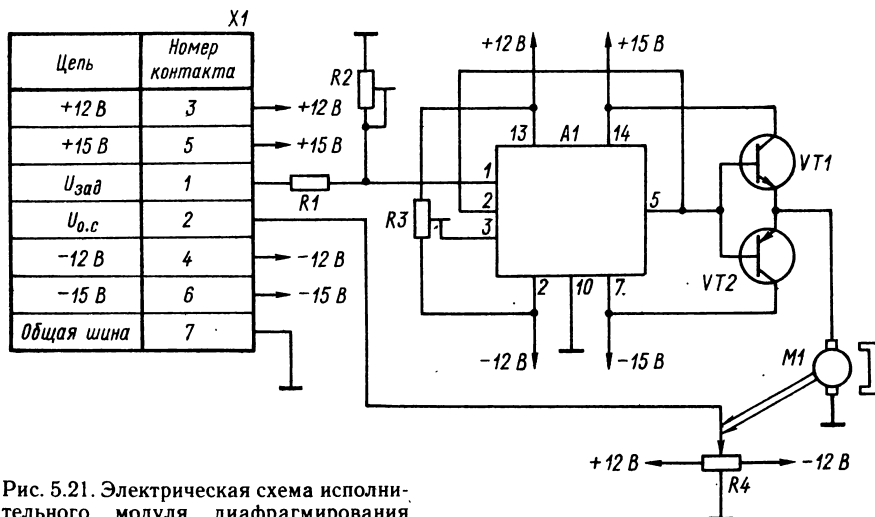


Рис. 5.21. Электрическая схема исполнительного модуля диафрагмирования

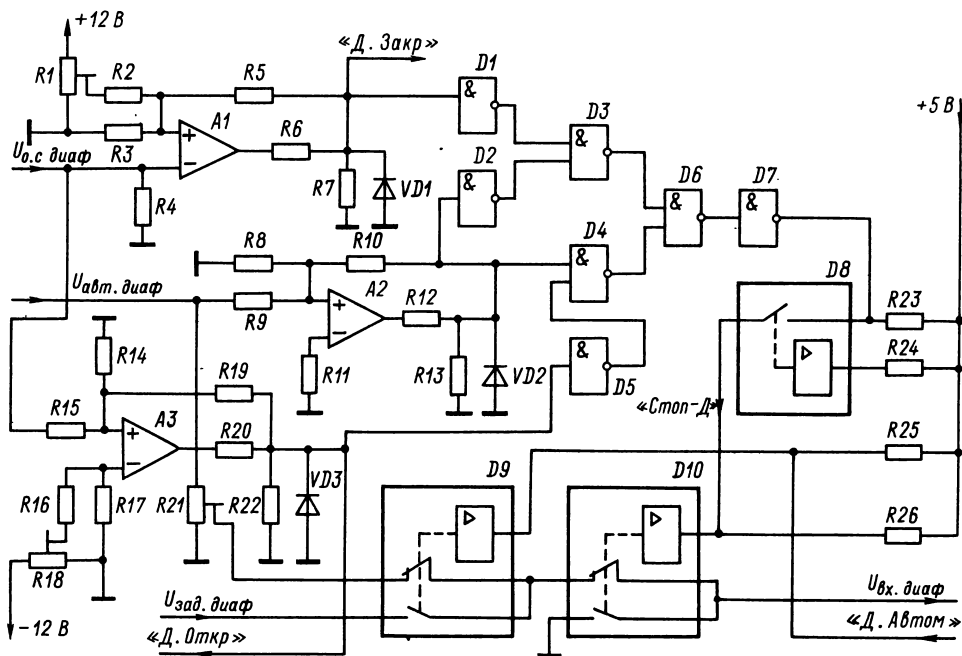


Рис. 5.22. Электрическая схема устройства формирования команд «Д. Откр», «Д. Закр», «Стоп-Д»

лями аналог — код с двухуровневым потенциальным выходом, на котором формируется сигнал, совместимый с входными уровнями ТТЛ. Это позволяет осуществлять непосредственное сопряжение аналоговых и цифровых схем. Напряжение $U_{о.с. диаф}$, которое снимается с движка потенциометра обратной связи диафрагмы, поступает на вход усилителей $A1$ и $A3$. На другие входы этих усилителей поступает напряжение, эквивалентное напряжению движка потенциометра обратной связи в момент полного закрытия диафрагмы (на входе $A1$) и при максимальном ее значении (на входе $A3$). Регулировка значений напряжений, эквивалентных напряжениям с движка потенциометра обратной связи по положению при выходе венца шестерни диафрагмы на края рабочего диапазона, т. е. регулировка порога срабатывания формирователей команд «Д.Откр» и «Д.Закр», производится подстроечными резисторами $R18$ и $R1$ соответственно.

Как только напряжение с движка потенциометра, поданного на один из входов операционного усилителя, достигнет значений опорного напряжения на входе усилителя, последний выходит в насыщение; на выходе его возникает высокий потенциал уровня ТТЛ. Сигналы «Д.Откр» и «Д.Закр» поступают на вход формирователя команд системы телеуправления для трансляции их в панель ПР-241, а также подаются на логическое устройство, формирующее команду «Стоп-Д». Логическая схема формирует команду «Стоп-Д» в зависимости от полярности напряжения сигнала автоматического диафрагмирования, наличия команд «Д. Откр», «Д.Закр» и «Д. Автом». Поскольку сигналы $U_{зад. диаф}$ и $U_{авт. диаф}$ посту-

пают в оптическую головку по одной и той же линии передачи данных, а команда «Стоп-Д» необходима лишь при работе ТВ-камеры в режиме автоматического диафрагмирования, в систему введен функциональный узел, формирующий логический сигнал, который определяется направлением изменения диафрагмы. Им служит пороговое устройство на базе операционного усилителя $A2$, формирующее сигнал логической «1» (высокий потенциал), при наличии на его входе напряжения положительной полярности. Сигнал этой полярности, поступающий на вход усилителя сервосистемы диафрагмирования, приводит к открытию диафрагмы. При наличии на входе порогового устройства напряжения автоматического диафрагмирования отрицательного знака на его выходе формируется логический сигнал низкого потенциала. Нетрудно видеть, что команда «Стоп-Д» может быть сформирована только при возникновении следующих условий: наличие команды «Д.Автом»; наличие команды «Д.Откр» (или «Д.Закр»); совпадение направления вращения диафрагмы, вызываемое задающим сигналом, с соответствующим краем ограничения.

Логическая часть схемы сформирована на инверторах $D1 - D7$. Все возможные состояния выхода инвертора $D7$ в зависимости от состояний компараторов $A1$, $A3$ и знака входного управляющего напряжения $U_{авт. диаф}$ сведены в табл. 5.4.

Таким образом, при подаче команды «Д.Автом» коммутатор $D9$ отключает сигнал $U_{зад. диаф} = U_{поз. диаф. кор} - U_{о.с. диаф}$ и подключает на вход коммутатора $D10$ сигнал автоматического диафрагмирования. По этой же команде замыкается ключ $D8$, подключающий выход

Таблица 5.4

**Состояние инвертора D7 (рис. 5.22)
в зависимости от входных команд**

Команда:						
Д. Закр	0	0	1	1	0	0
Д. Откр	0	0	0	0	1	1
U _{авт. диаф}	—	+	—	+	—	+
Состояние D7	0	0	1	0	0	1

инвертора D7 на управляющий вход коммутатора D10. Как только на выходе инвертора D7 появится потенциал логической «1», он проходит через замкнутый ключ D8 и поступает на управляющий вход коммутатора D10, который отключает со входа сервоусилителя диафрагмы задающий сигнал и подает на его вход нулевой потенциал корпуса. Электродвигатель системы диафрагмирования обесточивается и останавливается.

Важным узлом системы диафрагмирования является устройство коррекции диафрагмы. Прежде чем дать описание работы принципиальной электрической схемы, поясним необходимость такой коррекции.

В большинстве вариообъективов большой кратности, как правило, с увеличением фокусного расстояния больше $10\times$ начинает снижаться светосила. Объясняется это чисто конструктивными причинами. Для сохранения светосилы во всем диапазоне фокусных расстояний следует иметь большой диаметр входного зрачка вариообъектива при максимальном фокусном расстоянии, а это привело бы к чрезмерному увеличению габаритных размеров и массы вариообъектива. За рубежом были предприняты меры по разработке вариообъективов для телевизионного вещания с большим перепадом фокусных расстояний. Французская фирма «Анженье» разработала и выпустила на рынок объектив, имеющий 42-кратный диапазон изменения фокусных расстояний. Опыт эксплуатации этого объектива показал, что он необходим для внестудийного вещания, но имеет довольно значительные габаритные размеры и массу, что делает его не совсем удобным в работе. Разработчиками и конструкторами телевизионной оптики было найдено оригинальное решение, позволяющее создать вариообъектив повышенной кратности без существенного увеличения его габаритных размеров и массы.

Вариообъектив, созданный по принципу, который получил наименование принципа чередования, упрощенно можно сравнить с вариообъективом, оснащенным экстендерной насадкой переменной кратности, причем изменение фокусного расстояния происходит последовательно без скачка изображения. Первая вариаторная часть такого вариообъектива эквивалентна объективу с кратностью изменения масштаба, равной 10—15. Второй переменный компонент такого вариообъектива позволяет изменять фокусное расстояние в 2—2,5 раза и имеет свои кулачки и направляющие. Обе приводные шестерни этих вариаторов соединены между собой через кинематический узел, обеспечивающий синхронность отключения

первого вариатора и включения второго, и поэтому имеют один общий выход на привод. Усложнение кинематической схемы объектива вполне компенсируется простотой конструкции входящих вариаторов, технология изготовления которых достаточно отработана. Этот принцип положил начало новому направлению в разработках вариообъективов — принципу модульного конструирования.

Объектив ОЦТ 35×13 П, оптическая схема которого приведена на рис. 3.2, был разработан по принципу чередования, согласно которому изменение фокусного расстояния происходит в два этапа двумя вариаторами, т. е. вначале с помощью подвижных компонентов II и III, а затем компонентами V и VI. Общая кратность изменения фокусных расстояний

$$m = m_1 m_2,$$

где m_1 , m_2 — соответственно кратности изменения фокусного расстояния первым и вторым вариаторами.

Для четырех подвижных компонентов, которые соответственно перемещаются парами, возможен различный порядок перемещения. Изменение фокусного расстояния можно производить путем перемещения по очереди вариаторных частей. Таким образом, сначала перемещаются установочные группы компонентов II и III, а при достижении их конечного положения начинается перемещение компонентов V и VI, причем привод двух этих вариаторов осуществляется от одного вала. При выбранном относительном положении входного зрачка определяется местоположением ирисовой диафрагмы в оптической схеме объектива. Поэтому, чтобы оказать влияние на положение входного зрачка и вместе с тем сохранить минимальным диаметр переднего компонента, ирисовая диафрагма в объективе ОЦТ 35×13 П расположена между линзами 4 и 5 компонента VI. При отработке диапазона изменения фокусного расстояния первым вариатором выходной зрачок остается на том же месте, диаметр отверстия диафрагмы не изменяется. При дальнейшем изменении фокусного расстояния уже компонентами V и VI изменяется положение выходного зрачка, а как следствие, светосила. Поэтому на этом участке диапазона изменения фокусного расстояния необходима регулировка диаметра отверстия диафрагмы с тем, чтобы сохранить значение относительного отверстия во всем диапазоне. Зависимость относительного отверстия от фокусного расстояния вариообъектива ОЦТ 35×13 П при различных начальных положениях диафрагмы приведена на рис. 5.23. Из рисунка видно, что при полностью открытой начальной диафрагме относительное отверстие объектива остается неизменным при увеличении фокусного расстояния до $f' = 150$ мм, а затем при последующем изменении f' до 230 мм линейно падает до 1:2,55. Дальнейшее увеличение фокусного расстояния происходит уже за счет работы второго вариатора, относительное отверстие объектива уменьшается до 1:5,1 при максимальном фокусном расстоянии, хотя физически диаметр диафрагмы при этом остается максимальным, т. е. указатель относительного отверстия установлен на отметке 1:1,7.

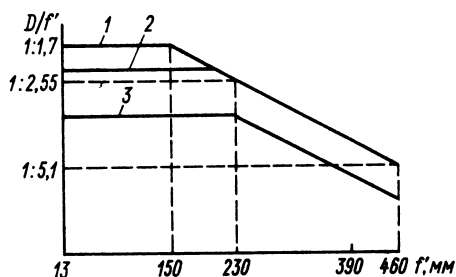


Рис. 5.23. Зависимость относительного отверстия вариообъектива ОЦТ 35×13П от его фокусного расстояния

Таким образом, если изменять фокусное расстояние объектива от минимального до максимального значения во всем диапазоне при полностью открытой начальной диафрагме, то относительное отверстие будет оставаться неизменным лишь до $f' = 150$ мм, а затем будет пропорционально уменьшаться до 1:5,1, причем в диапазоне фокусных расстояний $150 < f' < 460$ указатель шкалы диафрагмы не будет соответствовать истинному значению относительных отверстий вариообъектива. Однако все изложенное справедливо только лишь при исходных установках кольца диафрагмы $D/f' > 1:2,55$; при значениях $D/f' < 1:2,55$ уменьшение относительного отверстия начнется сразу после начала работы второго вариатора, причем изменение будет происходить по наклонной ветви 3, параллельной ветви 1, а относительное отверстие объектива при максимальном фокусном расстоянии будет меньше гарантированного значения 1:5,1. Следовательно, при изменении фокусного расстояния от минимального до максимального значения на участке, где изменение фокусного расстояния происходит за счет работы компонентов V и VI, для поддержания требуемой светосилы объектива диаметр прикрытой начальной диафрагмы необходимо уве-

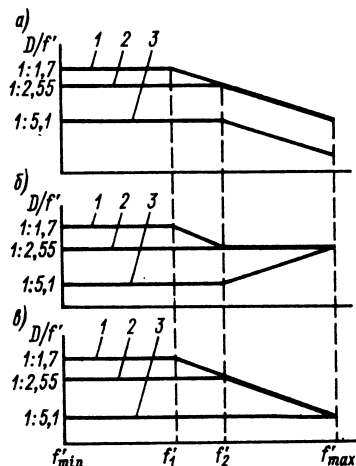


Рис. 5.24. Зависимости D/f' от f' : а — без коррекции; б — требуемой коррекции; в — с коррекцией

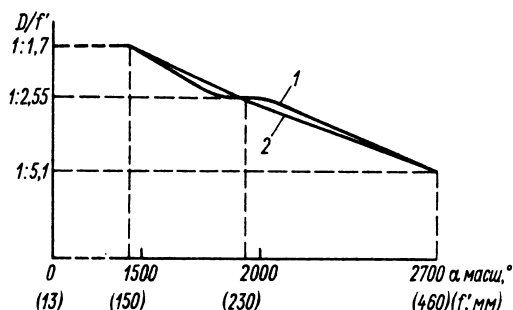


Рис. 5.25. Зависимость относительного отверстия вариообъектива ОЦТ 35×13П от угла поворота вала масштабирования

личивать. Кроме того, для уменьшения aberrаций на участке, где происходит линейное падение светосилы от 1:1,7 до 1:2,55, т. е. при работе первого вариатора, диаметр диафрагмы объектива необходимо поддерживать в соответствии с действительным значением относительного отверстия объектива.

В оптической головке КД-80 камеры КТ-178 диафрагма корректируется механизмом ее привода.

Сигнал для коррекции диаметра отверстия диафрагмы объектива ОЦТ 35×13П формируется в устройстве коррекции, которое включено в контур обратной связи следящей системы дистанционной установки диафрагмы (см. рис. 5.20). Как видно из функциональной схемы, выходной сигнал устройства коррекции оказывает влияние на формирование управляющего напряжения для управления диафрагмой вариообъектива в зависимости от его фокусного расстояния и начальной установки диафрагмы.

На рис. 5.24 приведены зависимости при установленной начальной диафрагме 1:1,7 (1), диафрагме 1:2,55 (2) и при диафрагме 1:5,1 (3), т. е. при тех значениях относительных отверстий вариообъектива с полностью открытой диафрагмой, которые он принимает при фокусных расстояниях $f'_1 = 150$ мм, $f'_2 = 230$ мм и $f'_{max} = 460$ мм. На кривой 1 (см. рис. 5.23) исходящая его часть изображена линейной, что соответствует действительности. Однако на практике, когда информацию о фокусном расстоянии можно получить, лишь определяя угол поворота выходного вала, очень сложно конструктивными мерами обеспечить линейную зависимость фокусного расстояния от угла поворота вала. Поэтому зависимость относительного отверстия объектива от угла поворота выходного элемента кинематического узла компонента масштабирования имеет вид кривой 1 (рис. 5.25).

Как видно из рисунка, кривая имеет точку перегиба при 1960° , т. е. в том месте, где происходит переключение вариаторов. Для упрощения электрической схемы узла коррекции реальная коррекция будет производиться по зависимости в виде линейаризованной линейно-кусочной функции 2. При этом погрешность между реальной зависимостью и линейаризованной не превышает 7 % по свету.

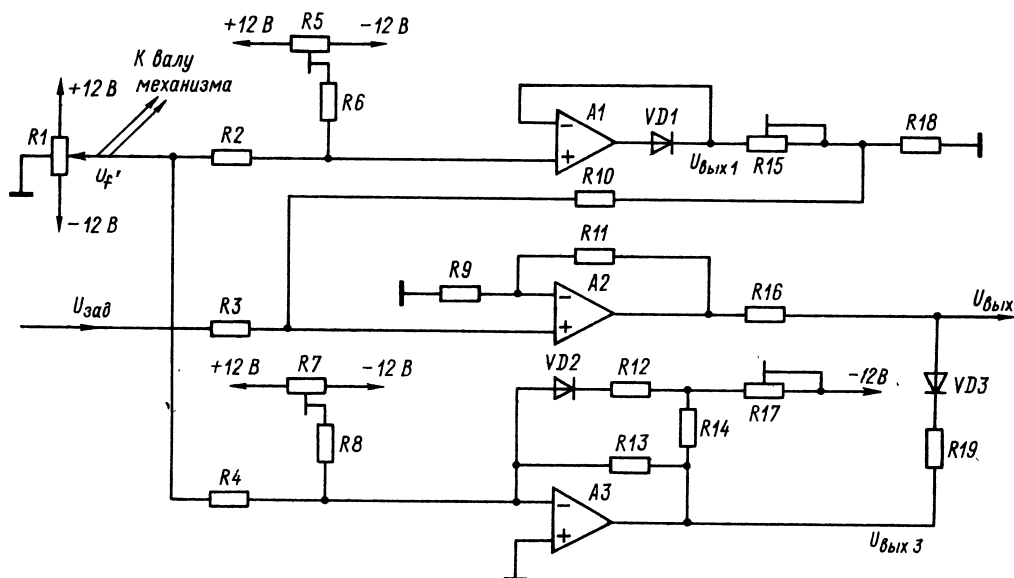


Рис. 5.26. Электрическая схема узла коррекции диафрагмы

Электрическая схема электронного узла коррекции диафрагмы приведена на рис. 5.26. Устройство коррекции состоит из трех операционных усилителей и осуществляет нелинейное аналоговое преобразование входных напряжений в целях реализации требуемого закона изменения относительного отверстия в соответствии с характеристикой объектива. Входными напряжениями для устройства коррекции являются напряжение $U_{зад}$, пропорциональное заданному значению относительного отверстия, и напряжение U_F , пропорциональное фокусному расстоянию вариообъектива. Выходное напряжение $U_{вых}$ подается на вход усилителя позиционной следящей системы дистанционной установки диафрагмы. Операционный усилитель $A1$ выполняет функцию «идеального диода» (рис. 5.27, а). При $U_F > U_{f2}$ разность напряжений между инвертирующим и неинвертирующим входами операционного усилителя близка к нулю и выходное напряжение усилителя равно напряжению на неинвертирующем входе. При $U_F < U_{f2}$ диод $VD1$ смещен в обратном направлении и выходное напряжение операционного усилителя равно нулю. Схема типа «идеальный диод» обеспечивает формирование корректирующего напряжения в диапазонах фокусных расстояний свыше 230 мм. Потенциометр $R5$ позволяет установить точку начала участка коррекции (напряжение U_{f2}). Корректирующее напряжение (угол наклона характеристики «идеального диода») регулируется потенциометром $R15$. Корректирующее напряжение $U_{вых1}$ с выхода усилителя $A1$ и напряжение $U_{зад}$ подаются на неинвертирующий вход операционного усилителя $A2$, суммирующего с соответствующими весовыми коэффициентами входные напряжения.

Статическая нелинейная характеристика операционного усилителя $A3$ показана на рис. 5.27, б. Зависимость $U_{вых3} = F(U_F)$ позво-

ляет осуществить требуемое в соответствии с характеристиками объектива уменьшение относительного отверстия в диапазоне фокусных расстояний от 150 до 230 мм. Для получения точки перегиба характеристики в точке U_{f2} используются включенный в цепь обратной связи усилителя диод $VD2$ и регулируемый делитель выходного напряжения, образованный резистором $R14$ и подстроечным резистором $R17$, позволяющий получить переменный коэффициент передачи усилителя. До тех пор пока потенциал выхода $A3$ положителен, диод $VD2$ смещен в обратном направлении, и коэффициент передачи усилителя $A3$ определяется отношением сопротивлений резисторов $R13$ и $R4$. Как только потенциал выхода $A3$ становится отрицательным, диод $VD2$ смещается в

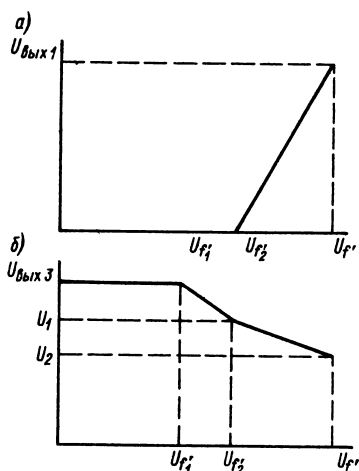


Рис. 5.27. Зависимость $U_{вых1}$ и $U_{вых3}$ от U_F в схеме коррекции диафрагмы

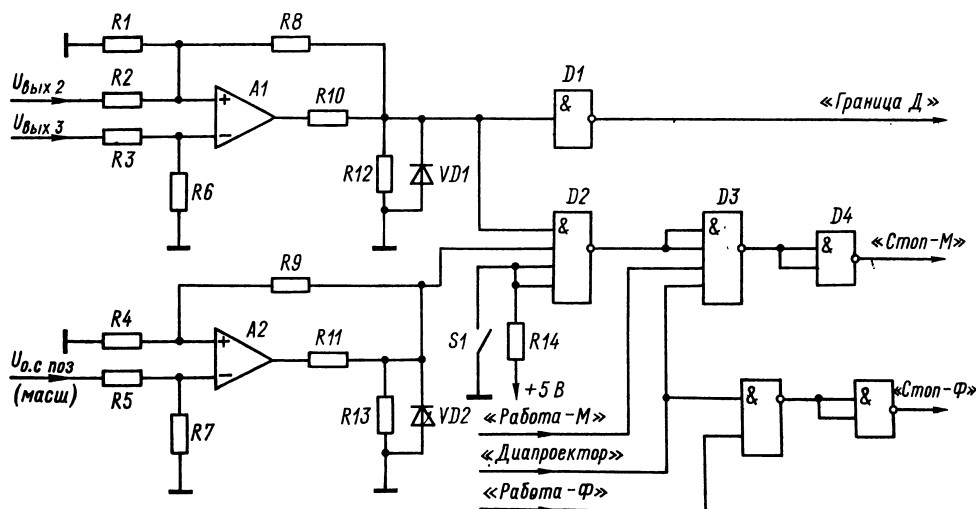


Рис. 5.28. Электрическая схема формирования команд «Стоп-М», «Стоп-Ф», «Граница-Д»

прямом направлении и коэффициент передачи усилителя определяется отношением параллельно включенных резисторов R_{13} , R_{12} и резистора R_4 .

Регулировку точки перегиба характеристики можно осуществить подстроечным резистором R_{17} . Как видно из рис. 5.26, выходное напряжение усилителя A_3 является опорным для диода VD_3 . Таким образом, напряжение на диоде VD_3 является переменной величиной, зависящей от фокусного расстояния. Выходное напряжение устройства коррекции $U_{\text{вых}}$ зависит от соотношения $U_{\text{вых}2}$ и $U_{\text{вых}3}$, т. е. от того, смещен диод VD_3 в прямом или обратном направлении. Если $U_{\text{вых}2} < U_{\text{вых}3}$, то $U_{\text{вых}} = U_{\text{вых}2}$; если $U_{\text{вых}2} > U_{\text{вых}3}$, то $U_{\text{вых}} = U_{\text{вых}3}$.

Иными словами, в диапазоне изменения напряжения $U_{\text{вх}}$ от U_1 до U_2 (что соответствует изменению относительно отверстия от 1:1,7 до 1:2,55) при изменении напряжения U_f до U_{f2} (фокусных расстояний от 150 до 230 мм) выходное напряжение устройства коррекции постоянно до пересечения с характеристикой $U_{\text{вых}3} = F(U_f)$. В диапазоне $U_{f1} > U_{f2}$ начинает работать усилитель A_1 , вырабатывая линейно возрастающее напряжение, вызывающее увеличение относительного отверстия.

Устройство коррекции диафрагмы выполнено на операционных усилителях типа К553УД1А. Рассмотрев принцип работы схемы коррекции диафрагмы в зависимости от фокусного расстояния вариообъектива, изложим описание работы узла формирования команд «Стоп-М», «Стоп-Ф», «Граница Д». Две первые команды обеспечивают блокировку движения компонентов масштабирования и фокусировки соответственно, а третья команда осуществляет включение индикации граничного положения компонента масштабирования, после которого светосила вариообъектива будет уменьшаться. Электрическая схема этого узла приведена на рис. 5.28.

Как уже указывалось выше, в условиях, когда начальное значение диафрагмы варио-

объектива составляет от 1:1,7 до 1:5,1, при масштабировании в сторону максимального фокусного расстояния неизбежно падение светосилы вариообъектива, которое невозможно компенсировать. Оператор, визуально контролирующий изображение по черно-белому ВКУ камеры, не в состоянии определить момент начала падения освещенности на трубках, поэтому он может и дальше увеличивать фокусное расстояние вариообъектива. Качество изображения при этом, естественно, ухудшается. Чтобы не допустить этого и иметь возможность останавливать дальнейшее увеличение фокусного расстояния или же информировать оператора о начале падения светосилы объектива без остановки привода масштабирования, в систему управления вводится информация с устройства коррекции диафрагмы.

Входы порогового устройства A_1 (рис. 5.28) подключены к выходам операционных усилителей A_2 и A_3 схемы коррекции диафрагмы (см. рис. 5.26) таким образом, что при $U_{\text{вых}2} < U_{\text{вых}3}$, т. е. в диапазоне работы, где еще не происходит падение светосилы, пороговое устройство A_1 выдает сигнал логического «0», а при $U_{\text{вых}2} > U_{\text{вых}3}$ — формирует сигнал высокого потенциала. Далее команды поступают на инвертор D_1 на входе которого формируется команда «Граница Д». Команда, формируемая пороговым устройством A_2 , определяет направление движения компонента. При поступлении задающего сигнала, определяющего движение компонента в сторону уменьшения фокусного расстояния, на выходе порогового устройства формируется сигнал низкого уровня ТТЛ, а при задающем напряжении масштабирования, приводящем к увеличению масштаба, на выходе формируется сигнал логической «1» уровня ТТЛ. На входы D_2 поступают инвертированный сигнал «Граница Д», напряжение с формирователя команды, определяющей направление движения компонента масштабирования, и напряжение 5 В, которое при необходимости отключения этой системы шун-

тируется на корпус переключателем *S1*. При наличии высоких потенциалов на всех входах элемента *D2* последний формирует низкий потенциал, который поступает на вход *D3*. На другие входы этого инвертора высоким потенциалом подается команда «Работа-М» на разрешение масштабирования с формирователя, расположенного в ручке левой камеры, и низким потенциалом — команда «Диалектор», по которой должна осуществляться блокировка вращения электродвигателей приводов масштабирования и фокусировки. При наличии на входах микросхемы *D3* хотя бы одного «0», на выходе инвертора *D4* будет сформирован низкий выходной потенциал, образующий команду «Стоп-М».

Команда «Диалектор» параллельно поступает и на вход логического элемента *D5*, который независимо от значения сигнала «Работа-Ф» формирует на выходе логическую 1, которая, проходя через инвертор *D6* в виде команды «Стоп-Ф», низким потенциалом подается на сервоусилитель системы фокусировки, блокируя работу привода.

В случаях, когда оператор заведомо знает, что система коррекции диафрагмы не сможет скомпенсировать падение светосилы, а изображение необходимо показать крупным планом, он переключателем *S1* шунтирует на корпус опорный потенциал 5 В, тем самым снимая действие схемы формирования сигнала для остановки системы масштабирования в направлении увеличения фокусного расстояния при уменьшении светосилы вариообъектива. Все элементы этого функционального узла, кроме переключателя *S1*, расположены на печатной плате блока усилителей КД-802М. Переключатель *S1* располагается на ручке левой КД-73.

Оптическая головка КД-81

ТВ-камеру КД-178 можно оснащать оптической головкой КД-81, основным элементом которой является вариообъектив ОЦТ 10×14П. Основные механические характеристики этого вариообъектива приведены в табл. 5.3. Как видно из таблицы, отличие этого вариообъектива от вариообъектива ОЦТ 35×13П, кроме диапазона изменения фокусных расстояний, с точки зрения управления заключается в следующем: вариообъектив имеет 1,5-кратную экстендерную насадку, которая вводится оперативно с помощью дистанционного управляемого привода; вариообъектив ОЦТ 10×14П имеет режим репродукционной съемки (режим МАКРО), позволяющий производить съемку предметов с расстояния от 0,04 до 0,6 м.

При проектировании и конструировании вариообъективов ОЦТ 35×13П и ОЦТ 10×14П разработчиками этих объективов были приняты меры для их максимальной унификации. В результате этих усилий оказалось возможным применить для оптической головки КД-81 все узлы и блоки, используемые в оптической головке КД-80. Сервомодули масштабирования, фокусировки и диафрагмирования, блоки управления КД-801М и КД-802М полностью взаимозаменяемы в обеих головках, а ручки управления КД-70 и КД-73 применяются для

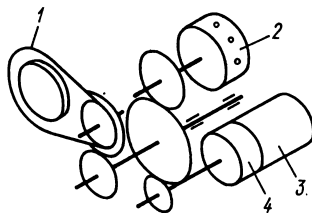


Рис. 5.29. Кинематическая схема механизма привода экстендера оптической головки КД-81

управления оптическими головками КД-80 и КД-81. Конструктивно в оптическую головку КД-81 добавлены лишь один электронный блок — блок управления КД-803 и механизм привода экстендера. В целях максимальной унификации схемных решений дистанционный ввод экстендера и вывод его осуществляются с помощью следящей системы, аналогичной системе дистанционной установки диафрагмы. Кинематическая схема узла ввода экстендера приведена на рис. 5.29.

Исполнительный электродвигатель 3 типа ДПР32-Н1-08 через редуктор 4 производит поворот зубчатого колеса, которое осуществляет ввод экстендерной насадки 1 в воздушный промежуток объектива между компонентами IV и V (см. рис. 3.8). Потенциометр 2 типа СП5-21А, размещенный в механизме привода экстендера, кинематически связан с зубчатым колесом объектива. Напряжение — 12 В, подаваемое на вход следящей системы, приводит к вводу экстендера в объектив, а напряжение +12 В — к выводу экстендера. Подача этих напряжений осуществляется переключением контактов кнопочного переключателя, который расположен на ручке левой КД-73. Другая группа контактов этой кнопки формирует команду «Ввод экстендера» в виде низкого потенциала ТТЛ. По этой команде на ручке левой КД-73 включается светодиод, указывающий, что экстендер введен. Кроме того, эта же команда поступает в блок КД-803 и на управляющий вход переключателя аналоговых сигналов КР590КН4. Коммутатор подключает постоянное напряжение, сформированное в блоке КД-803, к узлу коррекции диафрагмы вариообъектива, который воздействует на привод диафрагмы, последний увеличивает диаметр отверстия диафрагмы в 1,5 раза. При выводе экстендера диафрагма должна быть установлена в первоначальное положение, т. е. значение указателя диафрагмы на шкале диафрагмы объектива должно соответствовать значению задающего органа на панели дистанционной установки. Необходимость таких действий объясняется тем, что при введении экстендера, который представляет собой телескопическую насадку с видимым увеличением $1,5^{\times}$, фокусное расстояние вариообъектива увеличивается в 1,5 раза, т. е. диапазон фокусных расстояний вариообъектива 21—210 мм, а относительно отверстие соответственно уменьшится в 1,5 раза.

Таким образом, при эксплуатации оптической головки КД-81 следует учитывать, что при введении экстендерной насадки действительное значение относительного отверстия объ-

ектива отличается от значения лимба задающего органа панели ПР-241 (ПР-242) и шкалы объектива в 1,5 раза. Рабочий угол шестерни диафрагмы вариообъектива ОЦТ 10×14П несколько меньше рабочего угла вариообъектива ОЦТ 35×13П, так как минимальное значение диафрагмы вариообъектива ОЦТ 10×14П равно 1:22. Однако шестерня диафрагмы имеет дополнительный свободный ход в этом краю рабочего диапазона 31°; поэтому полные углы поворота шестерен диафрагмы обоих вариообъективов одинаковы, что позволяет полностью унифицировать приводы диафрагмирования оптических головок камеры КТ-178 независимо от типа применяемого объектива.

В целях упрощения конструкции оптической головки КД-81, уменьшения ее габаритных размеров и массы в объективе ОЦТ 10×14П выходной вал масштабирования производит перемещение группы линз компонентов II и III (см. рис. 3.8), осуществляющих изменение фокусного расстояния и создающих условия для неподвижности плоскости изображения, а также производит дополнительное перемещение компонента III для обеспечения возможности макросъемки с расстояния до 0,04 м. С учетом этой конструктивной особенности объектива разработана и система управления. Иными словами, весь диапазон поворота вала изменения масштаба вариообъектива ОЦТ 10×14П разбит на два рабочих участка: 1) в пределах угла 0—2362,5° производится изменение фокусного расстояния вариообъектива от 140 до 14 мм (без экстендера); 2) на участке угла от 2362,5 до 2700° происходит фокусировка объектива в зоне МАКРО предметов, находящихся от 0,6 до 0,04 м относительно передней линзы объектива. Работа вариообъектива в режиме репродукционной съемки должна осуществляться при минимальном фокусном расстоянии и дистанции по шкале фокусировки, равной 0,6 м. Таким образом, система управления при переходе в режим МАКРО должна обеспечивать автоматическую установку минимального фокусного расстояния вариообъектива из любого промежуточного значения и установку компонента фокусировки на минимальную дистанцию 0,6 м. При переходе в обычный режим работы система должна вернуть компонент масштабирования в зону, где он производит изменение фокусного расстояния. Изменение фокусного расстояния вариообъектива, установка дистанции до объекта съемки, установка дистанции в режиме МАКРО производится с помощью систем управления компонентами масштабирования и фокусировки, описание которых уже приводилось, и дополнительных элементов коммутации, расположенных в блоке КД-803 и ручке управления КД-73. В режиме обычной съемки ограничение входного сигнала масштабирования и останова механизма осуществляются не у краевого упора объектива, а в зоне $f'=14$ мм. Регулировка зоны останова компонента масштабирования осуществляется подстроечным резистором R3 (см. рис. 5.15). При необходимости съемки с близкого расстояния (менее 0,6 м) оператор нажимает на кнопку МАКРО, расположенную в ручке КД-73.

Одна группа контактов такой кнопки формирует команду МАКРО, которая управляет включением индикационного светодиода и одновременно поступает на блоки КД-802М и КД-803 оптической головки КД-81. Эта команда, представляющая собой логический «0» ТТЛ, управляет работой переключателей аналоговых сигналов, которые переводят систему масштабирования в режим позиционной следящей системы. Задающий сигнал для работы системы в этом режиме формируется потенциометрическим датчиком МАКРО, который расположен на ручке КД-73.

Другая группа контактов кнопочного переключателя МАКРО подключает напряжение с движка этого потенциометра к шине «Сигнал масшт. поз.». Таким образом, при формировании команды МАКРО система масштабирования переключается в режим следящей системы, задающий сигнал позиционного режима переводит выходной вал компонента изменения фокусных расстояний в зону МАКРО. Этой же командой в позиционный режим переводится и система фокусировки. Задающее напряжение, эквивалентное напряжению установки дистанции 0,6 м, формируется в блоке КД-803 и с помощью аналогового переключателя КР590КН4 по команде МАКРО подается на вход системы фокусировки. Все дополнительные элементы коммутации и формирования опорных напряжений расположены на печатной плате блока КД-803.

Оптические головки ТВ-камеры КТ-178 разработаны с применением современной элементной базы. Специально для этой камеры был разработан электродвигатель-тахогенератор ДТГ-4-3Т2, который по многим параметрам превосходит зарубежные аналоги. Микросхема К04УТ008, разработанная специально для электромеханических приводов ТВ-аппаратуры, впервые применена в оптических головках КД-80 и КД-81.

Помимо управления компонентами вариообъективов в оптических головках формируются управляющие напряжения для системы дистанционной установки нейтральных фильтров, которые расположены в ТВ-камере между объективом и цветоделителем. На этом же механизме соосно с диском нейтральных фильтров установлен диск с цветокорректирующими фильтрами, приводящими температуры 5000 и 9000 К к цветовой температуре 3200 К. Работа системы дистанционной установки нейтральных фильтров одинакова для оптико-механических комплексов ОМК-1 и ОМК-2.

Система дистанционной установки нейтральных светофильтров камеры КТ-178

Система управления положением диска светофильтров предназначена для дистанционной установки требуемого нейтрального светофильтра, заслонки или диапроектора. Механизм смены фильтров расположен на призмном блоке и представляет собой вращающийся диск с расположенным на нем по окружности под углом 90° друг к другу трех нейтральных фильтров с $\tau=0,1$; 0,5; 1 и заслонки с $\tau=0$, которая при размещении ее вдоль опти-

ческой оси при включенной лампе диапроектора проецирует изображение испытательной тест-таблицы с диапроектора на фотокатоды трубок. Это положение механизма изображено на кинематической схеме механизма смены светофильтров, представленной на рис. 5.30. При установке нейтральных фильтров с $\tau = 0,1; 0,5; 1$ не требуется высокой точности от системы управления, так как фильтры имеют форму эллипса и статическая ошибка следящей системы входит в зону допуска установки светофильтра. Более высокие требования по точности предъявляются к установке призмы диапроектора. Для правильного вписывания изображения тест-таблицы с встроенного диапроектора необходимо установить призму 1, а следовательно, и диск светофильтров 2 с точностью 0,01 мм относительно оптической оси оптической системы как в режиме дистанционного управления, так и при ручной установке.

Для обеспечения требуемой точности установки и фиксации призмы в рабочем положении разработан механизм привода, который оснащен двумя фрикционными муфтами оригинальной конструкции: муфтами большого и малого моментов. Для управления приводным электродвигателем применена позиционная следящая система. Как видно из кинематической схемы привода, поворот диска осуществляется на угол 270° . На одном из крайних положений рабочего диапазона установлена призма диапроектора. Конструкция привода рассчитана таким образом, что рабочий угол отработки всего диапазона диска светофильтров 2, а следовательно, и рабочий угол потенциометра 7 обратной связи следящей системы на 10° меньше полного угла отработки этого потенциометра, обусловленного задающим напряжением. При поступлении на вход следящей системы напряжения, соответствующего положению ДИАПРОЕКТОР, электродвигатель 5 поворачивает диск светофильтров 2 до механического упора. При этом следящая система еще не отработала заданный угол поворота движка потенциометра обратной связи, следовательно, $U_{\text{зад}} \neq U_{\text{о.с.}}$, и на входе усилителя следящей системы присутствует напряжение рассогласования, под воздействием которого электродвигатель 5 продолжает развивать вращающий момент. При этом на муфте меньшего момента 3 ролики выбегают из пазов, выходная часть муфты, жестко связанная с потенциометром 7 обратной связи, поворачивается и смещает движок потенциометра на угол 10° , а часть муфты, связанная с диском, вращаться не будет. При этом разность сигналов между задающим напряжением и напряжением обратной связи снижается до нуля. Электродвигатель обесточивается и останавливается.

При обработке механизм вращения в обратную сторону порядок работы муфты меньшего момента 3 обратный: вначале полумуфта поворачи-

чивается на угол выбега (диск при этом пока еще неподвижен), ролики муфты вновь устанавливаются в пазы, и далее происходит совместное вращение диска и муфты 3. Наличие такой муфты позволяет с высокой точностью останавливать диск на краю рабочего диапазона, полностью выбирать все люфты рабочего механизма. Работа муфты большого момента 4 аналогична работе описанной муфты меньшего момента 3, а работает она при ручной установке фильтров.

При дистанционной установке фильтра муфта большего момента 4 передает усилие вращения электродвигателя в обе стороны без выключения. Если фильтр устанавливается вручную, то от маховика ручной установки вращение передается на шестерню движка потенциометра 7 обратной связи и далее — оси, на которой расположены обе муфты механизма. Вращение передается через муфту меньшего момента 3 на диск светочувствительных 2, и одновременно момент нагрузки воздействует через муфту большего момента 4 на редуктор 6 исполнительного электродвигателя 5. Ролики этой муфты выходят из пазов, выходная ось редуктора 6 оказывается отсоединенной от оси диска, и обратное вращение редуктора оказывается невозможным.

Таким образом, наличие двух муфт в механизме позволяет с высокой точностью устанавливать диск светофильтров на краевой упор и предотвращает обратную передачу момента на редуктор при ручной установке. При этом положение диска светофильтров всегда оказывается согласованным с положением движка потенциометра обратной связи. Если призма не освещена источником света диапроектора, то в этом положении диск светофильтров

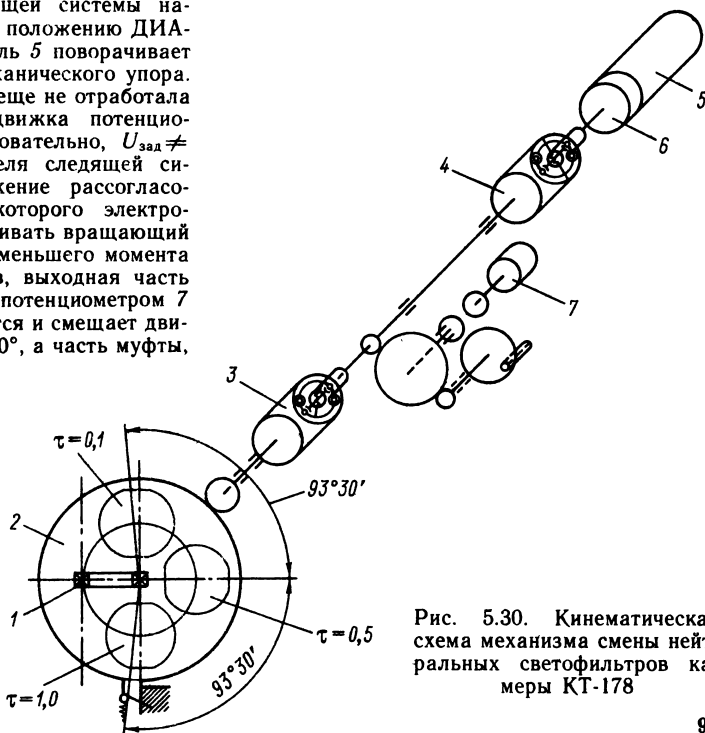


Рис. 5.30. Кинематическая схема механизма смены нейтральных светофильтров камеры КТ-178

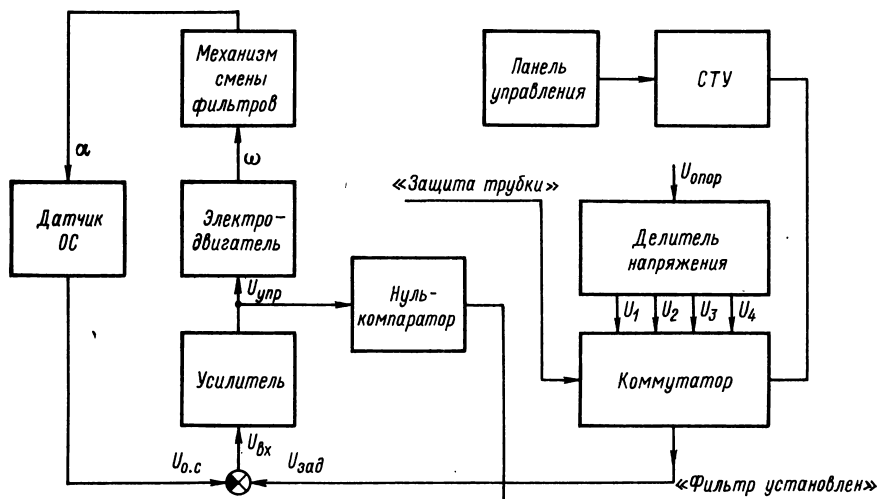


Рис. 5.31. Функциональная схема системы дистанционной установки нейтральных фильтров камеры КТ-178

является заслонкой. Следовательно, в положении ДИАПРОЕКТОР, но при выключенной лампе диапроектора системой осуществляется работа в режиме ЗАСЛОНКА.

Функциональная схема системы дистанционной установки фильтров изображена на рис. 5.31. На панели ПР-241 расположены пять кнопок: «0», «0,1», «0,5», «Заслонка», «Диапроектор». При нажатии одной из указанных кнопок в блоке кодирования формируется код требуемого положения диска, который по системе телеуправления СТУ поступает в камеру, в блок дешифрации команд, там дешифруется и в виде двух разрядов двоичного кода подается на управляющие входы аналогового коммутатора. На сигнальные входы коммутатора подаются четыре фиксированных напряжения, которые являются задающими напряжениями следящей системы и определяют положение диска светофильтров. В зависимости от поданного кода коммутатор подключает на сумматор одно из четырех напряжений, соответствующее требуемому положению диска. При подаче команды «Защита трубки» коммутатор подключает напряжение, соответствующее положению «ЗАСЛОНКА». Далее работа системы дистанционной установки фильтров аналогична работе следящей системы диафрагмирования. Выход сервоусилителя соединен со входом двухпорогового компаратора, являющегося, по существу, нуль-компаратором. После обработки системой напряжения рассогласования напряжение на выходе усилителя уменьшается до нуля, схема нуль-компаратора выдает команду «Фильтр установлен».

Принципиальная схема исполнительной части системы дистанционной установки фильтров приведена на рис. 5.32. Как видно из рисунка, схема представляет собой позиционную следящую систему. Задающий сигнал потенциометрического моста снимается с резисторов $R1 - R4$, а сигнал обратной связи формируется потенциометром $R32$. Фиксированные на-

пряжения $U_1 - U_4$ поступают на входы коммутатора аналоговых сигналов $D1$ типа КР590КН6, представляющего собой коммутационную матрицу размером 8×1 на МОП-структурах, в которой задействовано только четыре входа. Управление осуществляется двухразрядным кодом уровней ТТЛ, который поступает на управляющие входы после дешифрации сигнала телеуправления. Для согласования управляющих входов с уровнем ТТЛ на них подается опорное напряжение $+5$ В через резисторы $R6 - R8$. Состояние коммутационной матрицы в зависимости от управляющего кода представлено в табл. 5.5.

С выхода коммутатора $D1$ выбранное напряжение поступает на один из входов аналогового переключателя $D2$. На другой вход этого переключателя постоянно подается напряжение с движка потенциометра $R1$, которое соответствует напряжению положения установленной заслонки. При подаче на управляющий вход ключа $D2$ потенциальной команды «Защита трубки» на вход сервоусилителя поступает задающее напряжение U_1 , приводящее к отработке механизма в положение «Заслонка». Команда «Защита трубки» формируется при отсутствии в камере развертки и предотвращает от прожига фоточувствительный слой трубок. С движка потенциометра $R10$ который включен в диагональ моста, напряжение рассогласования поступает на вход предварительного усилителя $A1$, который охвачен обратными связями, усиливается и подается на базы транзисторов $VT1$ и $VT2$. В зависимости от полярности выходное напряжение усилителя $A1$ открывает один из этих транзисторов. Коллекторный ток насыщенного транзистора, например $VT1$, обеспечивает открывание транзистора $VT3$, который питает напряжением 15 В обмотку электродвигателя $M1$. Последний начинает вращаться, устанавливая диск со светофильтрами в нужное положение. Одновременно перемещается движок потенцио-

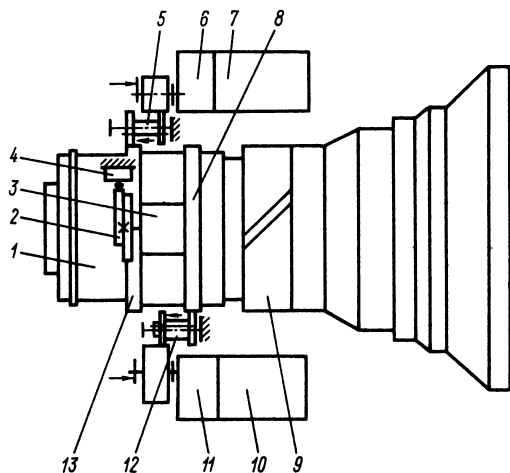


Рис. 5.33. Кинематическая схема оптической головки камеры КТ-190

у себя на плече и таким образом вести репортаж. Эту же камеру можно устанавливать на переносном штативе. В этом случае управление масштабированием и фокусировкой вариообъектива производится с помощью ручек управления РЕ-5 и РЕ-6 соответственно, которые устанавливаются на камеру.

При работе камерой с плеча оператора наводка на резкость производится вручную, поворотом зубчатого колеса фокусировки вариообъектива, а масштабирование и дистанционная установка диафрагмы — с помощью электромеханических приводов, закрепленных на объективе. Кинематическая схема оптической головки ОГ камеры КТ-190 приведена на рис. 5.33. Несущим элементом конструкции оптической головки является вариообъектив «ВАРИОГОИР-ЛОМО-201» 1, на котором закреплены блок механизмов приводов масштабирования и диафрагмирования и электронные платы систем управления. Кинематические узлы силовой части приводов масштабирования и диафрагмы идентичны по построению между собой. В качестве исполнительных электродвигателей систем масштабирования и диафрагмирования применены коллекторные электродвигатели постоянного тока типа ДПМ20-Н1-13 10 и 7 соответственно, используемые при напряжении 8 В. Частота вращения электродвигателя при этом напряжении около 3000 об/мин. Вал электродвигателя 10 (7) сочленен с многоступенчатым редуктором 11 (6), имеющим передаточное число $i = 56,98$. На выходном валу каждого из редукторов через предохранительную фрикционную муфту установлена цилиндрическая широкая шестерня, связь которой с венцом шестерни исполнительного органа осуществляется через блок зубчатых шестерен 12 (5). В конструкции головки предусмотрена возможность отключения механизма привода от объектива. Для этой цели на корпусе оптической головки установлены два рычажных переключателя, которыми осуществляется отключение приводов. При повороте

на отключение рычажка переключателя последний сдвигает блок шестерен 12 (5) вдоль оси по направлению стрелки и зубчатый венец шестерни 8 (13) вариообъектива выходит из зацепления с одной из шестерен блока 12 (5).

Механизм привода диафрагмы имеет еще и кинематическое звено, соединяющее кольцо диафрагмы 13 с концевым микровыключателем 4 и потенциометрическим датчиком диафрагмы 3. Передаточное число между движком потенциометра 3 и кольцом диафрагмы выбрано таким образом, что полный угол отработки кольца диафрагмы 13 (172°) приводит к повороту движка потенциометра на угол $296,3^\circ$. Эксцентриковый кулачок 2 установлен так, что срабатывание концевого выключателя 4 происходит в момент полного перекрытия светового потока лепестком диафрагмы. При отключении электромеханического привода кинематическая связь потенциометра 3 и кольца диафрагмы объектива 13 сохраняется. Кольцо фокусировки 9 вращается оператором вручную.

Система управления масштабированием

Система управления механизмом масштабирования представляет собой разомкнутую систему регулирования скорости. Кратность регулирования скорости такой системы невелика и составляет 10—12, но вполне достаточна для работы в условиях репортажной съемки. Электрическая схема системы управления изображена на рис. 5.34. При нейтральном положении движка задающего потенциометра $R2$ усилитель $A1$ сбалансирован с помощью подстроечного резистора $R5$ таким образом, что напряжение на его выходе равно нулю. Равно нулю и напряжение на выходе $A2$. Транзисторы $VT1$ — $VT4$ закрыты, электродвигатель $M1$ обесточен. При нажатии гашетки масштабирования движок потенциометра $R2$ смещается со среднего положения и напряжение с движка этого потенциометра приводит к разбалансу усилителя $A1$. Выходное напряжение усилителя открывает один из транзисторов, например $VT1$ (в зависимости от полярности поданного на их базы напряжения). Напряжение с эмиттерного повторителя поступает на инвертируемый вход усилителя $A2$. Выходное напряжение этого усилителя открывает транзистор $VT4$. Ток в диагонали транзисторного моста проходит через обмотку якоря электродвигателя $M1$; последний начинает вращаться, поворачивая кольцо изменения фокусных расстояний вариообъектива. Частота и направление вращения исполнительного электродвигателя зависит от напряжения на движке потенциометра $R2$. Аналогичным образом производится управление масштабированием с помощью ручки РЕ-5. При этом потенциометр $R2'$, который расположен в этой ручке, подключается параллельно цепям потенциометра $R2$.

Система управления диафрагмой

Электрическая схема системы управления диафрагмой объектива «Вариогоир-ЛОМО-201» приведена на рис. 5.35. Она представляет собой позиционную следящую систему. Кроме того,

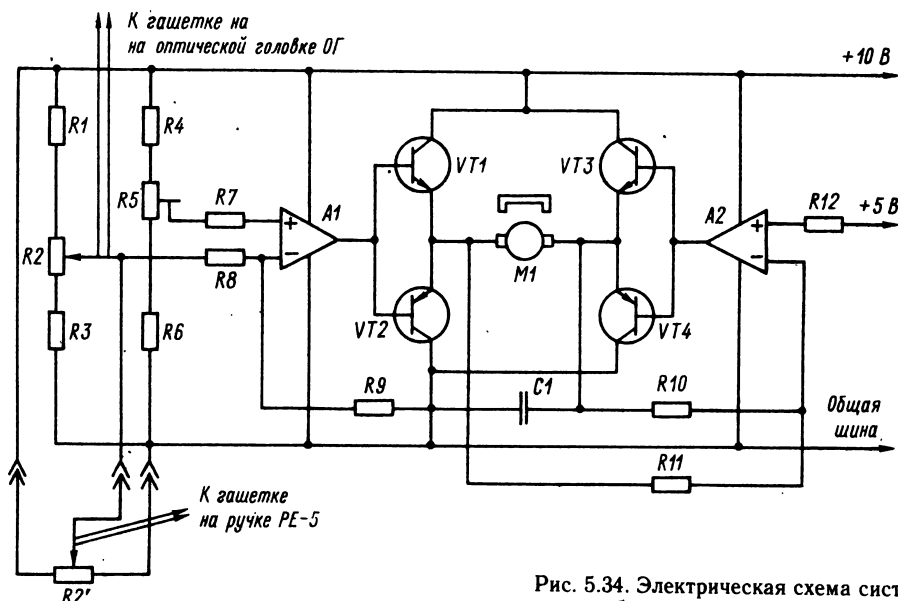


Рис. 5.34. Электрическая схема системы масштабирования камеры КТ-190

в камере предусмотрен режим автоматического диафрагмирования. Задающее напряжение дистанционной установки диафрагмы формируется потенциометром $R_{\text{зад}}$, расположенным в блоке РЕ-30, и поступает в блок автонастройки камеры. Здесь же формируется сигнал автоматического диафрагмирования. Выбор режима работы определяется положением переключателя S2. В режиме дистанционной установки

диафрагмы задающее напряжение, пределы изменения которого 0—5 В, подается на прямой вход усилителя A1. На инверсный вход этого усилителя подается напряжение с движка потенциометра обратной связи R10. Диапазон изменения напряжения этого потенциометра 0—5 В. При наличии рассогласования между этими сигналами на выходе усилителя A1 появляется напряжение, которое подается на базы

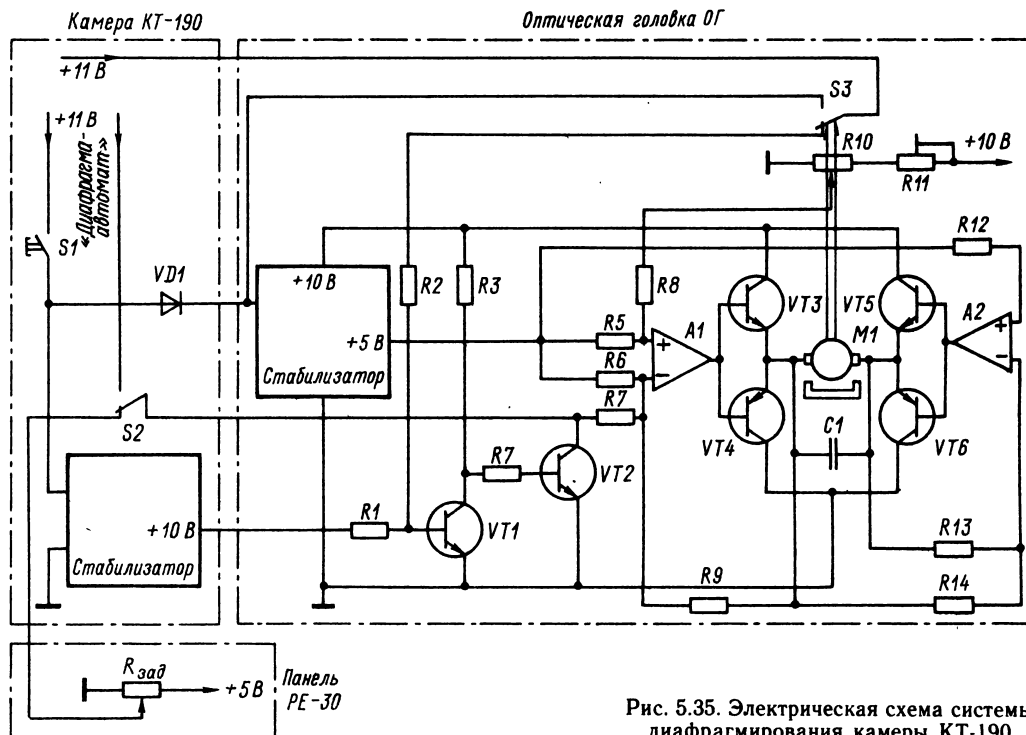


Рис. 5.35. Электрическая схема системы диафрагмирования камеры КТ-190

транзисторов $VT3$ и $VT4$ мостового оконечного каскада усилителя мощности. С эмиттеров транзисторов $VT3$ и $VT4$ напряжение поступает на инвертирующий вход усилителя $A2$, выход которого управляет работой транзисторов $VT5$ и $VT6$ мостового оконечного каскада усилителя мощности. Выходное напряжение усилителя мощности служит для управления исполнительным электродвигателем $M1$. Электродвигатель вращается, перемещает венец диафрагмы объектива и кинематически связанный с ним движок потенциометра $R10$ до тех пор, пока сигнал рассогласования потенциометров $R_{зад}$ и $R10$ не станет равным нулю. Выходное напряжение оконечного мостового каскада усилителя мощности становится близким к нулю, и исполнительный электродвигатель $M1$ останавливается.

Потенциометр $R11$ предназначен для установки соответствия шкалы диафрагмы вариообъектива на краю диапазона, соответствующего полному открыванию диафрагмы, со значениями задающего потенциометра. В целях повышения долговечности трубок при отключении питания камеры диафрагма объектива полностью закрывается. Происходит это следующим образом: питание камеры и оптической головки осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением 11—15 В относительно общей шины. Это напряжение через тумблер $S1$ поступает в оптическую головку на формирователь двуполярного напряжения ± 5 В относительно искусственной средней точки и с этого формирователя поступает на питание операционных усилителей приводов масштабирования и диафрагмирования. Кроме того, в головку поступает напряжение 11—15 В дежурного питания, а со стабилизатора напряжение камеры на базу транзистора $VT1$ подается напряжение 10 В.

При работе в автономном режиме с отключением питания камеры прекращается поступление питания по цепям 10 В от стабилизатора камеры и 11—15 В — питания головки. Напряжение питания 11—15 В дежурного режима через переключатель $S3$ продолжает поступать на стабилизатор головки, поддерживая ее работоспособность до момента полного закрытия диафрагмы. В результате того, что напряжение на $R1$ снизилось до нуля, транзистор $VT1$ закрывается, а транзистор $VT2$ открывается. Сигнал $U_{зад}$ шунтируется через

цепь транзистора $VT2$, и потенциал входа усилителя $A1$ становится близким к потенциалу общей шины. Если диафрагма еще не закрыта и сигнал $R10$ не близок к потенциалу общей шины, то на входе усилителя $A1$ появляется напряжение рассогласования. В результате привод обрабатывает на полное закрытие диафрагмы и сигнал с $R10$ на входе $A1$ также становится близким к потенциалу общей шины. Напряжение на двигателе уменьшается до нуля. Одновременно с полным закрытием диафрагмы происходят переключение микропереключателя $S3$, прекращение поступления дежурного питания на стабилизатор головки.

В случае работы с триаксальным кабелем при выключении питания камеры на головке сохраняются напряжения 11—15 В и 11—15 В дежурного питания. При полном закрытии диафрагмы дежурное напряжение 11 В через резистор $R2$ открывает транзистор $VT1$. Транзистор $VT2$ закрывается. Напряжение на входе $A1$ становится равным напряжению на другом его входе, так как оба они равны потенциалу открытых ключей, расположенных в блоке автостройки. Это предотвращает безостановочное вращение электродвигателя в случае поворота кольца объектива до упора на краю.

Несущим элементом конструкции оптической головки является вариообъектив «ВАРИО-ГОИР-ЛОМО-210», на корпусе которого предусмотрены базовые поверхности с резьбовыми отверстиями для крепления приводов масштабирования и диафрагмы, а также печатных плат систем управления. Оптическая головка устанавливается на камеру КТ-190 с помощью байонетного крепления самого объектива. Электрическое соединение головки с камерой осуществляется с помощью разъема ОНЦ-БС-2-10. Корпус с приводами выполнен конструктивным модулем, который крепится к объективу четырьмя цилиндрическими винтами. Корпус и съемная крышка изготовлены из магниевых сплавов и обклеены изнутри звукоизолирующими прокладками. Снаружи корпуса имеются гашетка управления масштабом, тумблер включения и кнопки «Диафрагма автомат», «Программа» и «Включение видеоманитофона». Снизу установлен разъем ОНЦ-БС-2-10 для подключения ручки дистанционного управления масштабом. Конструкцией предусмотрены упор и ремень для фиксации руки оператора.

Глава 6

ОПТИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ ТВ-КАМЕР ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ

На ТВ-центрах страны находится в эксплуатации значительное число передающих камер ЦТВ зарубежного производства, которые оснащены вариообъективами различных фирм.

В этой главе приводятся данные по наиболее интересным и современным конструкциям вариообъективов ведущих мировых фирм, специализирующихся в этой области, по состоянию на 1986 г.

6.1. Вариообъективы фирмы «Шнайдер»

В течение ряда лет этой фирмой был разработан ряд вариообъективов как для камер студийного (BCTV) и внестудийного вещания (EFP), так и для камер, предназначенных для электронного репортажа (ENG). Вариообъективы камер для студийных и вне-

студийных передач максимально унифицированы, узлы и блоки систем управления взаимозаменяемы практически во всех моделях. Управление компонентами масштабирования и фокусировки осуществляется как механической передачей с помощью гибкого вала, так и электромеханическими приводами с помощью систем управления масштабированием и фокусировкой. Установка диафрагмы производится ди-

Таблица 6.1

Технические характеристики вариообъективов фирмы «Шнайдер» для ТВ-камер

Тип варио-объектива	Фокусное расстояние, мм	Кратность	Экстендер	Угол поля зрения, °	Минимальная дистанция, м	Относительное отверстие	Масса, кг	Примечание
ТВ-камера с трубкой диаметром 30 мм								
TV10	18—200	11 [×]	—	51—4,9	0,7	1:2,1	17,6	BCTV, EFP
TV33	16—240	15 [×]	—	56—4,2	0,4	1:2,1 при $f' = 16 \div 160$ мм 1:2,1—1:3,1 при $f' = 160 \div 240$ мм	17	
TV31	16—480	30 [×]	—	56—2	0,4	1:2,1 при $f' = 16 \div 160$ мм 1:2,1—1:6,3 при $f' = 160 \div 480$ мм	17,5	
TV25	20—600	30 [×]	—	45—1,6	0,85	1:2,1 при $f' = 20 \div 200$ мм 1:2,1—1:6,3 при $f' = 200 \div 600$ мм	16	
TV37	33—1000	30 [×]	—	29—0,98	2,9	1:2,1 при $f' = 33 \div 330$ мм 1:2,1—1:6,3 при $f' = 330 \div 1000$ мм	19,5	
TV65	16,5—240 33—480	14,5 [×] 2 [×]	—	54—4,2 29—2,1	0,4	1:2,2 при $f' = 16,5 \div 160$ мм 1:2,2—1:3,2 при $f' = 160 \div 240$ мм 1:4,4 при $f' = 33 \div 320$ мм 1:4,4—1:6,4 при $f' = 320 \div 480$ мм	19	
ТВ-камера с трубкой диаметром 25 мм								
TV24	17—170	10 [×]	—	41—4,4	1,5	1:2,0	6,5	BCTV
TV27a	17—340	20 [×]	—	40,6—2,2	1,5	1:2,0 при $f' = 17 \div 170$ мм 1:2,0—1:4 при $f' = 170 \div 340$ мм	7,8	BCTV, EFP
TV36	12,5—190	15 [×]	—	53—3,9	0,4	1:1,7 при $f' = 12,5 \div 190$ мм 1:1,7—1:2,5 при $f' = 125 \div 190$ мм	17	
TV63	12,5—190 25—380	15 [×] 2 [×]	— 2 [×]	58—4 29—2	0,4	1:1,7 при $f' = 12,5 \div 125$ мм 1:1,7—1:2,5 при $f' = 125 \div 190$ мм 1:3,4 при $f' = 25 \div 250$ мм 1:3,4—1:5 при $f' = 250 \div 380$ мм	19	EFP
TV64	13—190 26—380	14,5 [×] 2 [×]	— 2 [×]	54—4 28—2	0,4	1:1,7 при $f' = 13 \div 130$ мм 1:1,7—1:2,5 при $f' = 125 \div 190$ мм 1:3,4 при $f' = 26 \div 260$ мм 1:3,4—1:5 при $f' = 260 \div 380$ мм	19	
TF35	12,5—375	30 [×]	—	53—1,9	0,4	1:1,7 при $f' = 12,5 \div 125$ мм 1:1,7 при $f' = 125 \div 375$ мм	17,5	
TV26	16—480	30 [×]	—	43—1,5	0,85	1:1,7 при $f' = 16 \div 160$ мм 1:1,7—1:5,1 при $f' = 160 \div 480$ мм	16	
TV39	26—800	30 [×]	—	27—0,92	2,9	1:1,7 при $f' = 26 \div 260$ мм 1:1,7—1:5,1 при $f' = 260 \div 800$ мм	19,5	
TV70	14—150	11 [×]	—	49—5	0,7	1:1,7	17,6	

Тип варио-объектива	Фокусное расстояние, мм	Кратность	Экстендер	Угол поля зрения, °	Минимальная дистанция, м	Относительное отверстие	Масса, кг	Примечание
ТВ-камера с трубкой диаметром 18 мм								
TV41	10—100	10 [×]	—	46—5,2	1,0	1:1,8	2,3	ENG
TV43	8,5—125 17—250	15 [×]	2 [×]	53—4,1 28—2,1	0,8	1:1,7 при $f' = 8,5 \div 95$ мм 1:1,7—1:2,1 при $f' = 95 \div 125$ мм 1:3,4 при $f' = 17 \div 190$ мм 1:3,4—1:4,2 при $f' = 190 \div 250$ мм	3,1	ENG, EFP
TV44	9—126 19—252	14 [×]	2 [×]	52—4,0 27—2,0	0,8	1:1,7 при $f' = 9 \div 100$ мм 1:1,7—1:2,1 при $f' = 100 \div 126$ мм 1:3,4 при $f' = 18 \div 200$ мм 1:3,4—1:4,2 при $f' = 200 \div 252$ мм	15	
TV46	8,7—260	30 [×]	—	52,5—2	0,4	1:1,4 при $f' = 8,7 \div 104$ мм 1:1,4—1:3,5 при $f' = 104 \div 260$ мм	17,5	EFP
TV45	11—330	30 [×]	—	42; 51,6	0,85	1:1,4 при $f' = 11 \div 132$ мм 1:1,4—1:3,5 при $f' = 132 \div 330$ мм	16	
TV47	18,5—550	30 [×]	—	26,4—1	2,9	1:1,4 при $f' = 18,5 \div 220$ мм 1:1,4—1:3,5 при $f' = 220 \div 550$ мм	19,5	
TV80	8,5—150 17—300	17 [×]	2 [×]	55,5—3,4 27,7—1,7	0,7	1:1,4 при $f' = 8,5 \div 100$ мм 1:1,4—1:2 при $f' = 100 \div 150$ мм 1:2,8 при $f' = 17 \div 200$ мм 1:2,8—1:4 при $f' = 200 \div 300$ мм	15	

станционно с помощью позиционной следящей системы. При использовании электромеханического управления на оптические головки ТВ-камер класса EFP устанавливаются два сервомодуля типа SE04-0045, которые осуществляют привод компонентов масштабирования и фокусировки вариообъектива. Управление масштабированием осуществляется ручкой SE04-003а, а сигнал фокусировки формируется ручкой SE04-0005а.

В систему управления масштабированием, так же как и в систему управления фокусировкой, можно включить блок предварительного набора SE04-0047.

Для механического управления оптическая головка комплектуется двумя гибкими валами типа SE04-0035 длиной 107 см и рукоятками ручного управления фокусировкой SE04-0041 и масштабированием SE04-0040.

Для ТВ-камер класса ENG разработаны системы электромеханического привода компонента масштабирования и фокусировки, что не исключает механического управления ими.

Основные параметры вариообъективов фирмы «Шнайдер» приведены в табл. 6.1.

6.2. Вариообъективы фирмы «Фуджинон»

В последние годы в мире появилось большое число различных типов вариообъективов производства японских фирм «Кэнон» и «Фуджинон», продукция которых отличается

широкой гаммой следующих параметров: диапазонами фокусных расстояний, начальными относительными отверстиями, минимальными дистанциями, наличием встроенного экстендера и т. д.

Всю номенклатуру вариообъективов фирмы «Фуджинон» можно условно разделить на пять классов.

1. Вариообъективы для студийных передающих камер с трубками диаметром 30 мм: P15×16,5ESM; P17×16,5ESM; P20×14ESM; P44×18ESM.

2. Вариообъективы для студийных передающих камер с трубками диаметром 25 мм: R14×12,5ESM HD, R15×12,5ESM; R17×12,5ESM; R20×10,5ESM; R44×13,5ESM.

3. Вариообъективы для внестудийных передающих камер с трубками диаметром 18 мм: A15×8 ESM; A18×8 ESM; A17×8,5 ESM; A30×11 ESM; A44×9,5 ESM.

4. Вариообъективы для камер видеожурналистики с трубками диаметром 18 мм: A3,5×6,5RM; A7×7RM; A8,5×5,6RM; A10×10RM; A12×9ERM; A14×9ERM; A16×9,5RM; A18×8,5ERM; A22×12,5ERM.

5. Вариообъективы для камер видеожурналистики с трубками диаметром 13 мм: S3,5×4,8RM; S10×7,3RM; S12×6,6ERM; S14×6,6ERM; S16×7RM; S18×6,2ERM.

Условное обозначение вариообъективов этой фирмы позволяет определить по шифру вариообъектива его назначение и наиболее важные характеристики.

Таблица 6.2

Характеристики varioобъективов фирмы «Фуджинон» для ТВ-камер

Тип варнообъектива	Фокусное расстояние, мм	Крат- ность	Экс- тендер	Относительное отверстие	Минималь- ная ди- станция, м	Масса, кг	Габариты, мм	Диаметр	Приме- чание
ТВ-камера с трубкой диаметром 30 мм									
P15×16,5 ESM	16,5—250 25—375 33—500	15×	1,5 [×] 2 [×]	№: 2,1 при $f' = 16,5 \div 223$ мм 1: 2,1—1: 2,3 при $f' = 223 \div 250$ мм	0,75	19,5	244×232×560	+	BCTV
P17×16,5 ESM	16,5—280 25—420 33—560	17×	1,5 [×] 2 [×]	1: 2,1 при $f' = 16,5 \div 223$ мм 1: 2,1—1: 2,7 при $f' = 223 \div 280$ мм	0,75	19,5	244×232×560	+	
P20×14 ESM	14—280 21—420 28—560	20×	1,5 [×] 2 [×]	1: 2,1 при $f' = 14 \div 210$ мм 1: 2,1—1: 2,8 при $f' = 210 \div 280$ мм	0,75	20,5	244×232×560	+	
P44×18 ESM	18—800 36—1600	44×	2 [×]	1: 2,4 при $f' = 18 \div 470$ мм 1: 2,4—1: 4,0 при $f' = 470 \div 800$ мм	2,5	25	260×252×662	+	
ТВ-камера с трубкой диаметром 25 мм									
R14×12,5 NSM *	12,5—175 25—350	14×	2 [×]	1: 1,6 при $f' = 12,5 \div 170$ мм 1: 1,6—1: 1,7 при $f' = 170 \div 175$ мм	0,75	22,5	260×252×296	+	BCTV
R15×12,5 ESM	12,5—190 18,8—285 25—380	15×	1,5 [×] 2 [×]	1: 1,6 при $f' = 12,5 \div 170$ мм 1: 1,6—1: 1,8 при $f' = 170 \div 190$ мм	0,75	19,5	244×232×548	+	
R17×12,5 ESM	12,5—215 18,8—323 25—430	17×	1,5 [×] 2 [×]	1: 1,6 при $f' = 12,5 \div 170$ мм 1: 1,6—1: 2 при $f' = 170 \div 215$ мм	0,75	19,5	244×232×548	+	
R20×10,5 ESM	10,5—210 16—315 21—240	20×	1,5 [×] 2 [×]	1: 1,6 при $f' = 10,5 \div 161$ мм 1: 1,6—1: 2,1 при $f' = 161 \div 210$ мм	0,75	20,5	244×232×54	+	
R44×13,5 ESM	13,5—600 27—1200	44×	2 [×]	1: 1,8 при $f' = 13,5 \div 350$ мм 1: 1,8—1: 3 при $f' = 350 \div 600$ мм	2,5	25	260×252×662	+	

Тип варнообъектива	Фокусное расстояние, мм	Крат- ность	Экс- тендер	Относительное отверстие	Минималь- ная ди- станция, м	Масса, кг	Габариты, мм	Диапро- ектор	Приме- чание
ТВ-камера с трубкой диаметром 18 мм									
A15×8 ESM	8—120 16—240	15×	2×	1:1,5 при $f'=8 \div 80$ мм 1:1,5—1:1,7 при $f'=80 \div$ $\div 120$ мм	0,7	13	228__228__453		
A18×8 ESM	8—144 16—288	18×	2×	1:1,5 при $f'=8 \div 80$ мм 1:1,5—1:2,0 при $f'=80 \div$ $\div 144$ мм	0,7	13	228×228×453	+	
A17×8,5 ESM	8,5—145 17—290	17×	2×	1:1,2 при $f'=8,5 \div 120$ мм 1:1,2—1:1,4 при $f'=120 \div$ $\div 145$ мм	0,75	20,5	244×232×553,5	+	EFP
A30×11 ESM	11—330 22—660	30×	2×	1:1,6 при $f'=11 \div 220$ мм 1:1,6—2,4 при $f'=220 \div$ $\div 330$ мм	1,7	9,2	200×208×478	+	
A44×9,5 ESM	9,5—420 19—840	44×	2×	1:1,7 при $f'=9,5 \div 240$ мм 1:1,7—1:1,3 при $f'=240 \div$ $\div 420$ мм	1,8	12,5	228×228×453	+	
A44×9,5 ESM	9,5—420 19—840	44×	2×	1:1,4 при $f'=9,5 \div 240$ мм 1:1,4—1:2,5 при $f'=240 \div$ $\div 420$ мм	2,2	14,5	228×228×509	+	
A44×9,5 ESM	9,5—420 19—840	44×	2×	1:1,2 при $f'=9,5 \div 240$ мм 1:1,2—1:2,1 при $f'=240 \div$ $\div 420$ мм	2,5	25	260×252×668	+	
A3,5×6,5 RM	6,5—23	3,5×	—	1:1,7 при $f'=6,5 \div 18$ мм 1:1,7—1:1,8 при $f'=18 \div$ $\div 23$ мм	0,3	1,38	82×187	—	ENG
A7×7 RM	7—50	7×	—	1:1,7 при $f'=7 \div 21$ мм 1:2,3 при $f'=21 \div$ $\div 50$ мм	0,3	1,6	86×199	—	
A8,5×5,5 RM	5,5—47	8,5×	—	1:1,7 при $f'=5 \div 37$ мм 1:1,7—1:1,9 при $f'=37 \div$ $\div 47$ мм	0,3	1,75	95×217	+	

A10×10 RM	10—100	10 [×]	—	1:1,6 при $f'=10 \div 93$ мм 1:1,6—1:1,7 при $f'=93 \div$ ÷100 мм	1,0 (макро)	1,3	72×152	—
A16×9,5 RM	9,5—152	16 [×]	—	1:1,8 при $f'=9,5 \div 95$ мм 1:1,8—1:2,4 при $f'=95 \div$ ÷152 мм	0,95 (макро)	1,36	77×160	—
A12×9 ERM	9—108 18—216	12 [×]	2 [×]	1:1,7 при $f'=9 \div 90$ мм 1:1,7—1:1,9 при $f'=90 \div$ ÷108 мм	0,95 (макро)	1,45	72×174	—
A14×9 ERM	9—126 18—152	14 [×]	2 [×]	1:1,7 при $f'=9 \div 103$ мм 1:1,7—1:2 при $f'=103 \div$ ÷126 мм	0,8 (макро)	1,39	77×183	+
A18×8,5 ERM	8,5—153 17—306	18 [×]	2 [×]	1:1,7 при $f'=8,5 \div 116$ мм 1:1,7—1:2,3 при $f'=116 \div$ ÷153 мм	0,9 (макро)	1,55	95×199	+
A22×12,5 ERM	12,5—275 25—550	22 [×]	2 [×]	1:2 при $f'=12,5 \div 200$ мм 1:2—1:2,8 при $f'=200 \div$ ÷275 мм	1,8 (макро)	3,8	107×287	—
ТВ-камера с трубкой диаметром 13 мм								
S3,5×4,8 RM	4,8—17	3,5 [×]	—	1:1,4	0,3	1,38	82×189	—
S10×7,3 RM	7,3—73	10 [×]	—	1:1,4	1,0	1,3	72×152	—
S16×7 RM	7—112	16 [×]	—	1:1,4 при $f'=7 \div 92$ мм 1:1,4—1:1,7 при $f'=92 \div$ ÷112 мм	0,95	1,36	77×160	—
S12×6,6 ERM	6,6—80 13,2—160	12 [×]	2 [×]	1:1,4 при $f'=6,6 \div 76$ мм 1:1,4—1:1,5 при $f'=76 \div$ ÷80 мм	0,95	1,45	72×174	—
S14×6,6 ERM	6,6—92 13,2—184	14 [×]	2 [×]	1:1,4 при $f'=6,6 \div 89$ мм 1:1,4—1:1,5 при $f'=89 \div$ ÷92 мм	0,8	1,39	77×185	—
S18×6,2 ERM	6,2—112 12,4—224	18 [×]	2 [×]	1:1,4 при $f'=6,2 \div 85$ мм 1:1,4—1:1,7 при $f'=85 \div$ ÷112 мм	0,9	1,55	95×201	—

ENG

* Варнообъектив предназначен для ТВ-камер высокой четкости.

Первая буква в названии вариообъектива характеризует назначение оптического прибора, а именно: А — вариообъектив для камер видеожурналистики и внестудийных передач (ENG/EFP) с трубками диаметром 18 мм; N — вариообъектив для камер видеожурналистики (ENG) с трубками диаметром 18 мм; S — вариообъектив для камер видеожурналистики (ENG) с трубками диаметром 13 мм; K — вариообъектив для внестудийных камер (EFP) с трубками диаметром 25 мм; R — вариообъектив для студийных камер (BCTV) с трубками диаметром 25 мм; P — вариообъектив для студийных камер (BCTV) с трубками диаметром 30 мм.

Последующие цифры в наименовании вариообъектива обозначают кратность изменения фокусного расстояния, а число, стоящее после знака умножения ($\times$), — минимальное фокусное расстояние. Буквы, стоящие после числа, обозначающего минимальное фокусное расстояние, дают информацию о наличии встроенного экстендера, способе управления вариообъектива: E — наличие в вариообъективе встроенного экстендера; RM — фокусировка вариообъектива ручная, масштабирование с по-

мощью электропривода; SM — фокусировка и масштабирование вариообъектива с помощью электроприводов; PW — управление фокусировкой и масштабированием ручное, с помощью гибкого вала.

Для некоторых типов вариообъективов вводится буквенное обозначение фирмы — изготовителя камеры. Это обозначение размещается между показателем минимального фокусного расстояния и индексом калличия экстендера.

Пример обозначения: A14X9ERM.

Основные характеристики вариообъективов фирмы «Фуджинон» приведены в табл. 6.2. Относительные отверстия вариообъективов в таблицах приведены без учета влияния экстендера. Относительное отверстие вариообъектива с установленным экстендером определяется как произведение относительного отверстия на кратность экстендерной насадки.

Вариообъективы фирмы «Фуджинон» имеют большой дополнительный набор сервисных устройств, позволяющих осуществлять компоновку различных вариантов сочетаний способов управления вариообъективами. При работе вариообъективами на камерах видео-

Таблица 6.3

Основные характеристики вариообъективов фирмы «Анженье»

Тип вариообъектива	Фокусное расстояние, мм	Кратность	Экстендер	Диаметр передающей трубки, мм	Относительное отверстие (без экстендера)	Минимальная дистанция, м	Масса, кг	Примечание
15 $\times$ 17 HP	17—255 30—450	15 $\times$	1,7 $\times$	30	1:2—1:2,8	0,8	25	—
18 $\times$ 16,5	16,5—300 26,5—480	18 $\times$	1,6 $\times$	30	1:3,2—1:5,1	0,6	27	
15 $\times$ 13 HP	13—195 22—330	15 $\times$	1,7 $\times$	25	1:1,5—1:2,1	0,8	25	
18 $\times$ 12,5	12,5—22,5 20—360 31,5—565	18 $\times$	1,6 $\times$ 2,5 $\times$	25	1:1,5—1:2,4	0,6	27	
40 $\times$ 14	14—560 30—1200	40 $\times$	2,1 $\times$	25	1:1,9—1:3	1,8	22	
40 $\times$ 9,5	9,5—380 20—800	40 $\times$	2,1 $\times$	18	1:1,3—1:2,1	1,8	22	
14 $\times$ 9	9—126 18—252	14 $\times$	2 $\times$	18	1:1,6—1:2	0,8	1,4	0,8 $\times$, широкоугольная насадка
14 $\times$ 8	8—126 16—224	14 $\times$	2 $\times$	18	1:1,6—1:2	0,8	1,8	—
15 $\times$ 7	7—105 14—210	15 $\times$	2 $\times$	13	1:1,4—1:1,8	0,8	1,7	0,8 $\times$, широкоугольная насадка 1,66 $\times$, теленасадка

журналистских комплексов со штатива имеется возможность ручного управления масштабом и фокусом при помощи гибких валов (вариант поставки ММ—01) ручного (при помощи гибкого вала) управления фокусировкой и электромеханического, с подключением дополнительной ручки управления масштабом (вариант поставки MS—02). Имеется возможность установки на объектив дополнительного сервомодуля фокусировки. Управление при этом как фокусировкой, так и масштабированием производится при помощи электроприводов (вариант поставки SS—01). Вариообъективы могут комплектоваться блоками предварительного набора дистанции или фокусного расстояния (варианты поставок SS—03 и SS—02 соот-

ветственно). Аналогичные варианты поставок органов управления имеют и вариообъективы для внестудийного вещания и объективы студийных камер.

6.3. Вариообъективы фирмы «Анженье»

В последнее время фирма «Анженье» выпустила ряд вариообъективов для студийного и внестудийного вещания, а также вариообъективов для камер тележурналистских комплексов.

В табл. 6.3 приведены основные характеристики современных вариообъективов, изготовленных этой фирмой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артишевский В. И., Баранчук Л. Е., Суковицын Н. М. Коррекция диафрагмы вариообъективов повышенной кратности//Техника кино и телевидения. 1981, № 9. С. 43—45.
2. Бабенко В. С. Оптика телевизионных устояств. М.: Радио и связь, 1982. 256 с.
3. Василевский О. Н., Соколов В. А. Тенденции развития оптических систем вещательного телевидения//Техника средств связи. Сер. Техника телевидения, 1979. Вып. 1. С. 106—110.
4. Великожон А. Н., Курков И. Н., Штейнберг А. Л. Передающая камера для вестудийного производства//Телевидение. М.: ВНИИТР. 1981. Вып. 5 (52). С. 1—2.
5. Волосов Д. С. Фотографическая оптика. М.: Искусство. 1978. 543 с.
6. Вычислительная оптика: Справочник/М. М. Русинов, А. П. Грамматин, П. Д. Иванов и др.; Под общ. ред. М. М. Русинова. Л.: Машиностроение, 1984. 423 с.
7. Гутников В. С. Применение операционных усилителей в измерительной технике. Л.: Энергия, 1975. 120 с.
8. Ельников Н. Т., Дитев А. Ф., Юрсов И. К. Сборка и юстировка оптико-механических приборов. М.: Машиностроение, 1974. 348 с.
9. Иванов В. Б. Проблемы разработки и производства телевизионной аппаратуры IV, V и VI поколений//Техника средств связи. Сер. Техника телевидения, 1985, вып. 4. С. 3—17.
10. Иванов В. Б., Росселевич И. А. Отдельные признаки IV и V поколений телевизионной аппаратуры//Техника кино и телевидения, 1985, № 9. С. 5—9.
11. Микродвигатели для систем автоматики. Технический справочник/Под ред. Э. А. Лодочникова и Ф. М. Юфрова. М.: Энергия, 1969. 272 с.
12. Новик Ф. С. Вариообъективы для телевизионных камер//Техника кино и телевидения, 1973, № 5. С. 73—81.
13. Палицкий В. М. Отечественная ТВ-техника: ближайшие задачи и перспективы//Техника кино и телевидения, 1985, № 2. С. 3—7.
14. Петров В. П. Контроль качества и испытание оптических приборов. Л.: Машиностроение, 1985. 222 с.
15. Петропавловский В. А., Постникова Л. Н., Хесин А. Я. Технические средства телевизионного репортажа. М.: Радио и связь, 1983. 128 с.
16. Петропавловский В. А., Постникова Л. Н. Развитие отечественной репортажной ТВ-техники//Техника кино и телевидения, 1984. № 1. С. 33—37.
17. Розвал Я. Б. Репортажная камера КТ-302Р//Телевидение. Реферативная информация. М.: ВНИИТР, 1977, вып. 2 (25). С. 12—14.
18. Русинов М. М. Техническая оптика: Учеб. пособие для вузов. Л.: Машиностроение, 1979. 488 с.
19. Савоскин В. И. Вариообъективы для портативных камер цветного телевидения//Техника кино и телевидения, 1980, № 2. С. 59—63.
20. Савоскин В. И. Вариообъективы портативных камер для видеожурналистики и вестудийного производства//Техника кино и телевидения, 1983, № 10. С. 66.
21. Современные оптико-механические комплексы для камер вещательного цветного телевидения/Н. И. Валов, О. Н. Василевский, А. Н. Великожон и др.//Техника средств связи. Сер. Техника телевидения, 1981, вып. 5. С. 94—105.
22. Справочник конструктора оптико-механических приборов/Под общ. ред. В. А. Панова. Л.: Машиностроение, 1980. 742 с.
23. Стефанский М. С. Юстировка систем с переменным фокусным расстоянием//Оптико-мех. пром-сть, 1968, № 11. С. 27—33.
24. Телевидение/Ю. В. Аксентов, Н. С. Веревкин, В. Е. Джакония и др. М.: Связь, 1979. 432 с.
25. Теория оптических систем/Б. Н. Бегунов, Н. П. Закаэнов, С. И. Кирюшин и др. М.: Машиностроение, 1981. 432 с.
26. Техника цветного телевидения/Под ред. С. В. Новаковского. М.: Связь, 1976. 496 с.
27. Техника телевизионного вещания: Справочник/В. А. Красовский, Л. В. Омельченко, Г. В. Привознов и др. Киев: Техника, 1980. 144 с.
28. Шендерович М. Х., Глушанок М. В., Суковицын Н. М. Оптические головки телевизионных камер//Техника кино и телевидения, 1975, № 1. С. 56—60.
29. Шпакин М. Г. Современные вариообъективы с большой кратностью изменения фокусных расстояний//Журн. научн. и прикл. фотографии и кинематографии, 1979, № 6. С. 462.
30. Юшквявичюс Г. З. Советское телевидение на новом этапе развития//Техника кино и телевидения, 1985, № 1. С. 3—4.
31. Macher K. Vario-Aufnahmeobjektive für elektronische Farbiernsehkameras //Fernseh- und Kintotechnik, 1980, N 11. S. 34.
32. Macher K. TV-Variobjektiv in Modul-Bauweise//Fernseh- und Kintotechnik, 1977, N 7. S. 2.
33. Macher K. Variable Focal Length Lenses for Color Television Cameras//J. SMPTE, 1981, vol. 90, N 8. P. 695—707.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3		
Глава 1			
Основные сведения о построении оптических систем и формировании изображения	4		
1.1. Основные законы геометрической оптики, определения, обозначения	—		
1.2. Плоские зеркала, плоскопараллельные пластинки, призмы	6		
1.3. Сферические поверхности. Линзы и системы линз	7		
1.4. Виды оптических систем	8		
1.5. Ограничения пучков. Вредный рассеянный свет	11		
1.6. Потери света в оптических системах. Просветление	12		
1.7. Оптические схемы камер ЦТВ. Объективы постоянного и переменного фокусных расстояний для камер ЦТВ	14		
1.8. Качество изображения	19		
Глава 2			
Оптические головки камеры КТ-132	24		
2.1. Основные особенности оптико-механических комплексов	—		
2.2. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Радуга-М»	25		
2.3. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Солкол 20×29»	35		
2.4. Оптико-механический комплекс ПП-82 с вариообъективом «Вариогон 2,1/20-600»	37		
Глава 3			
Оптико-механические комплексы оптических головок ТВ-камер КТ-178 и КТ-190	39		
3.1. Оптико-механический комплекс ОМК-1 с вариообъективом ОЦТ 35×13П камеры КТ-178	39		
3.2. Оптико-механический комплекс ОМК-2 с вариообъективом ОЦТ 10×14П камеры КТ-178	44		
3.3. Оптико-механический комплекс ОМК-4 с вариообъективом «Вариогонр ЛОМО-201» камеры КТ-190	47		
3.4. Методика юстировки и аттестации ТВ-вариообъективов	51		
Глава 4			
Оптико-механические комплексы репортажных ТВ-камер	54		
4.1. Оптико-механический комплекс ОМБ-302	55		
4.2. Оптико-механический комплекс ОМБ-308	58		
Глава 5			
Системы управления оптико-механическими узлами передающих ТВ-камер	61		
5.1. Требования к системам управления	62		
5.2. Оптическая головка КА-59	63		
5.3. Оптическая головка КА-69	71		
5.4. Оптическая головка TV29.1	73		
5.5. Системы управления оптико-механическими узлами ТВ-камеры КТ-178	76		
5.6. Системы управления вариообъективом камеры КТ-190	97		
Глава 6			
Оптические головки ТВ-камер зарубежных фирм	100		
6.1. Вариообъективы фирмы «Шнайдер»	101		
6.2. Вариообъективы фирмы «Фуджигон»	102		
6.3. Вариообъективы фирмы «Анженье»	107		
Список литературы	108		

ОПТИЧЕСКИЕ ГОЛОВКИ ПЕРЕДАЮЩИХ КАМЕР ЦТВ

Справочник содержит сведения об основных законах геометрической оптики, оптических схемах телевизионных вариообъективов в системах цветоделения трехтрубных камер цветного телевидения (ЦТВ), по конструкции оптических головок вещательных камер ЦТВ и системам дистанционного управления фокусировкой, диафрагмированием, масштабированием и сменой светофильтров. Приведены описания оптических головок камер КТ-132, КТ-178, КТ-190, а также оптических головок камер КТ-302Р и КТР-308. Рассмотрены особенности эксплуатации и возможные неисправности отдельных узлов оптических головок. Даны основные технические характеристики зарубежных вариообъективов вещательных камер ЦТВ.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников телецентров страны, эксплуатирующих ТВ-аппаратуру, специалистов промышленности, выпускающей передающие камеры ЦТВ, а также для студентов и инженеров, специализирующихся в области оптического приборостроения и цветного телевидения.

